

Mapeamento da Produtividade das Culturas

José P. Molin
ESALQ/USP
jpmolin@usp.br



www.agriculturadeprecisao.org.br

Objetivo

Abordar a importância dos mapas de produtividade das culturas, bem como os equipamentos, formas de geração de dados, seus tratamentos, a confecção e interpretação dos mapas

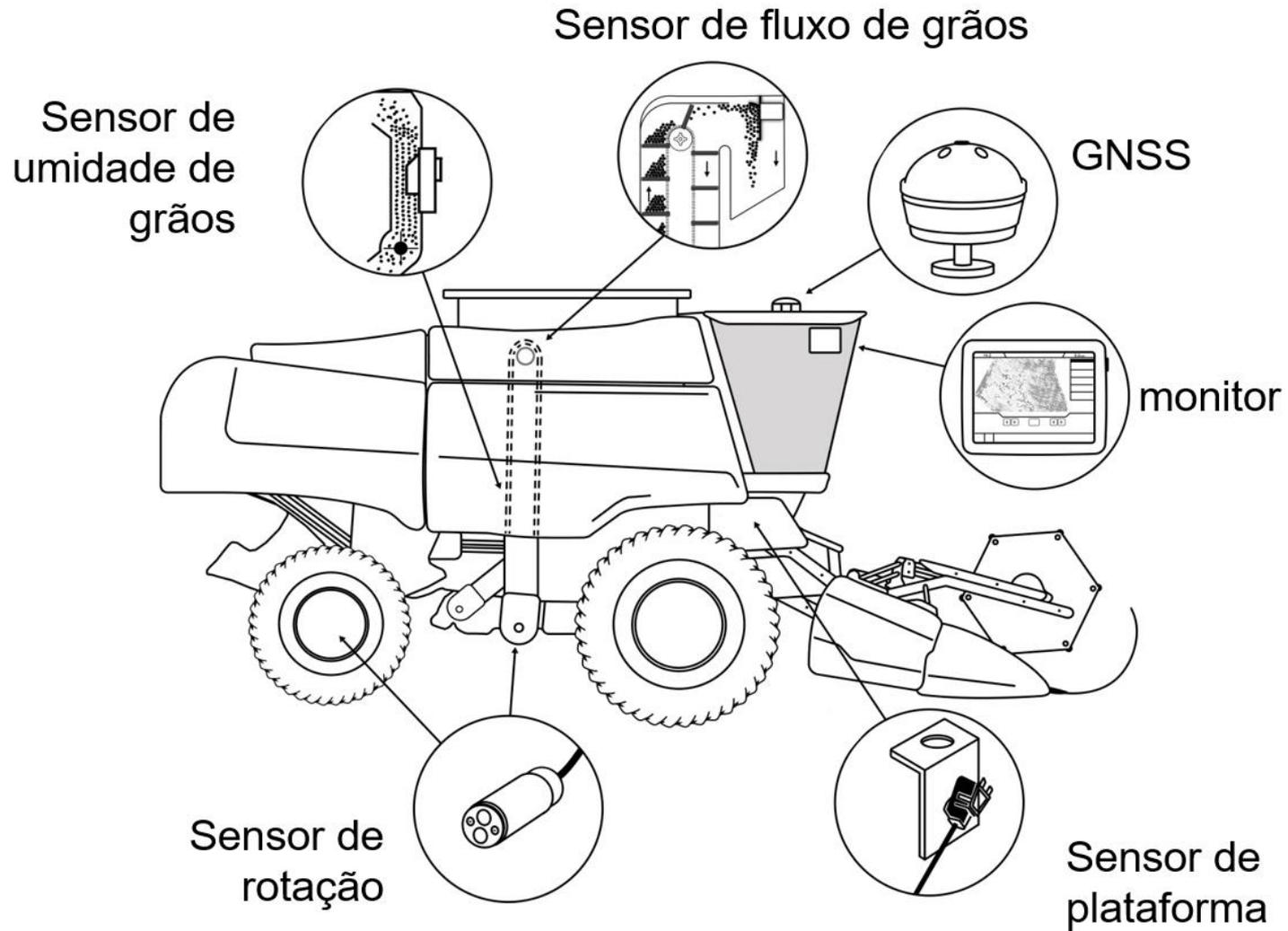
Os mapas de produtividade servem para:

- Entender a variabilidade da lavoura
- Investigar as suas possíveis causas
- Guiar as investigações (direcionar a amostragem)
- Delimitar regiões (“zonas de manejo”)
- Calcular espacialmente as quantidades de nutrientes exportados
- Produzir o mapa do lucro e do prejuízo

Como obter o dado para gerar o mapa de produtividade

- Tomando como base culturas de grãos, temos:
 - quantidade de grãos colhidos num espaço
 - tamanho da área desse local
 - sua localização
 - umidade dos grãos colhidos

Os componentes necessários



Sensores gravimétricos

Elevador de taliscas

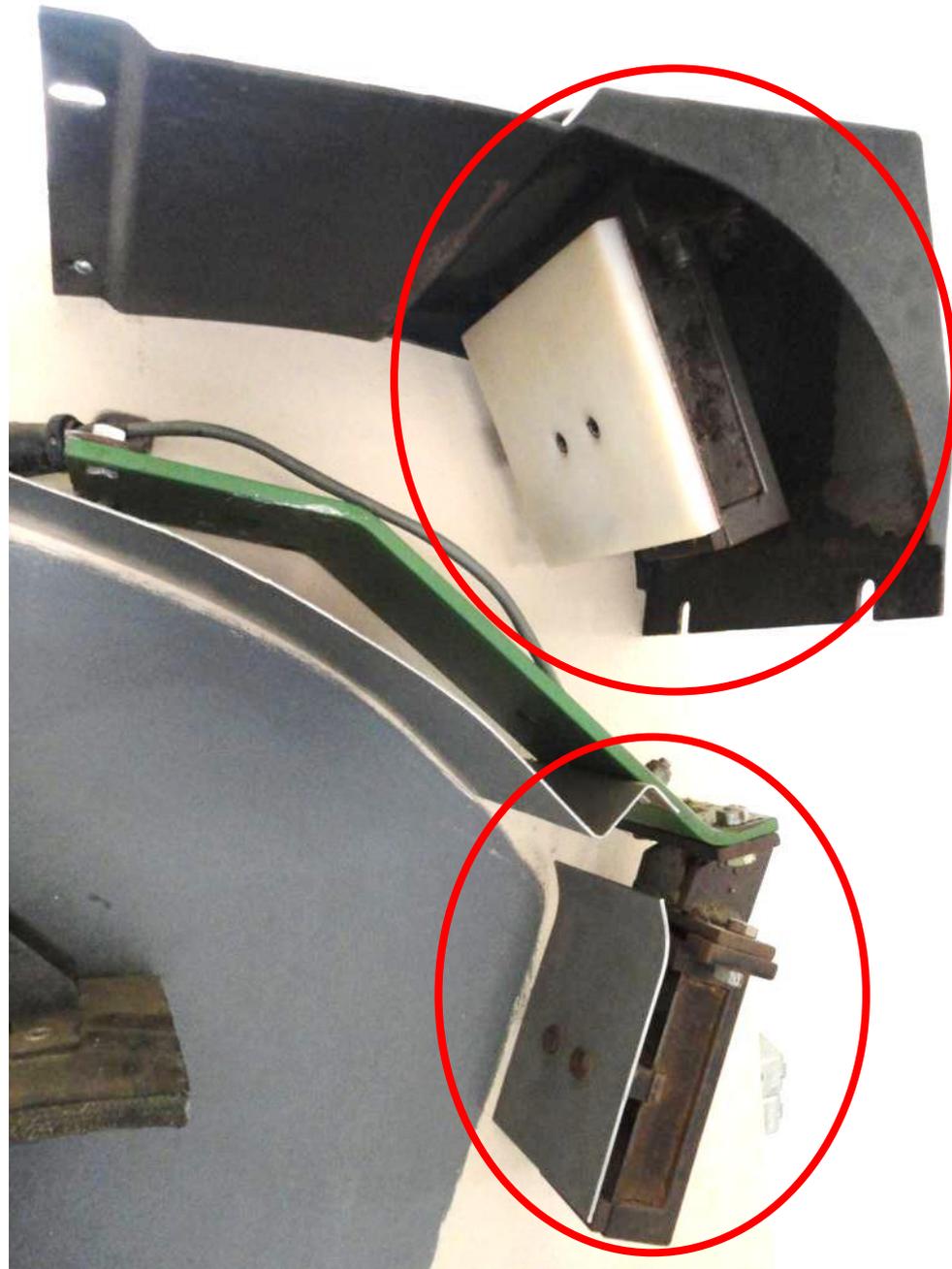


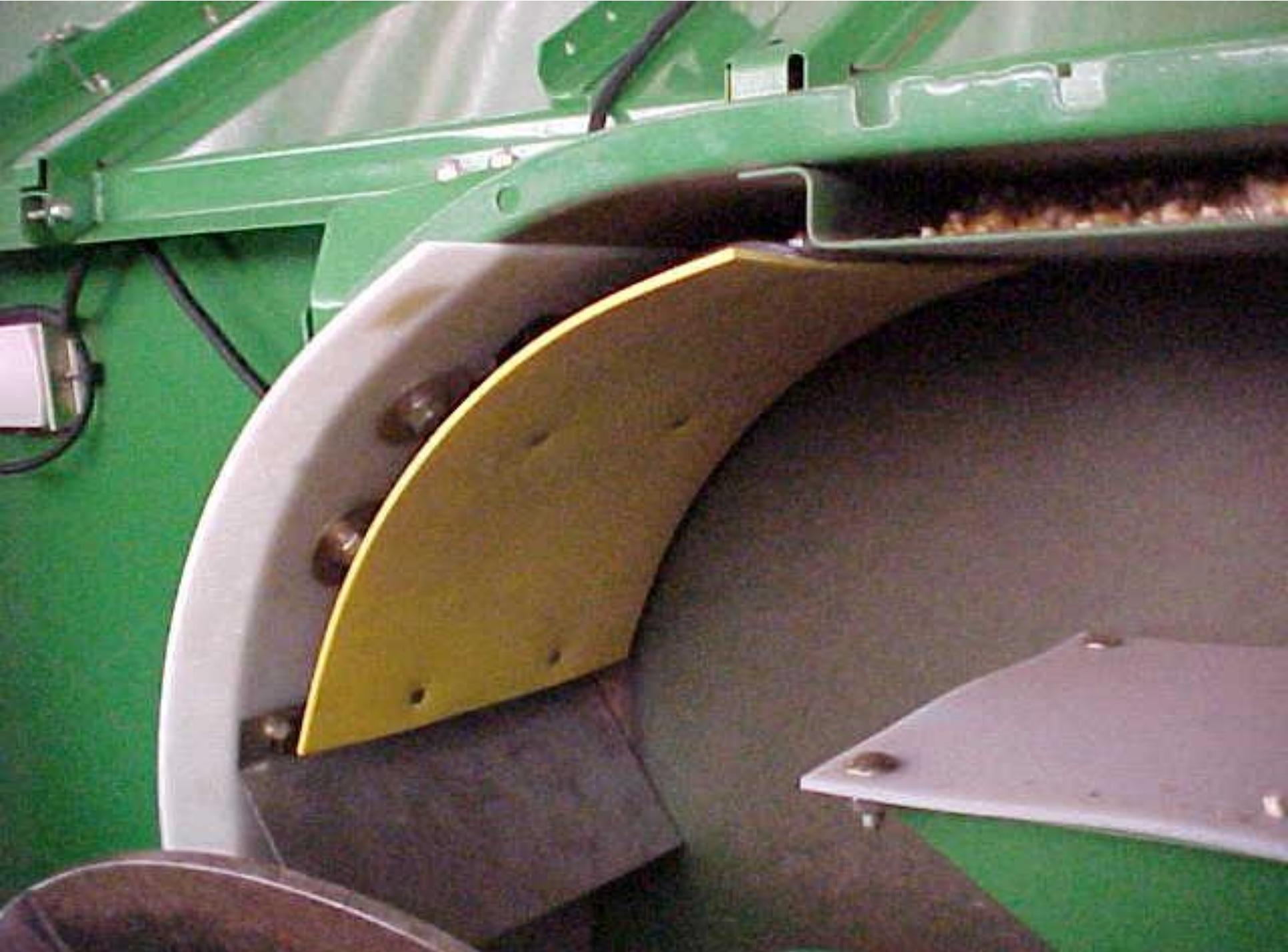
Placa de impacto



AgLeader

Sensor gravimétrico





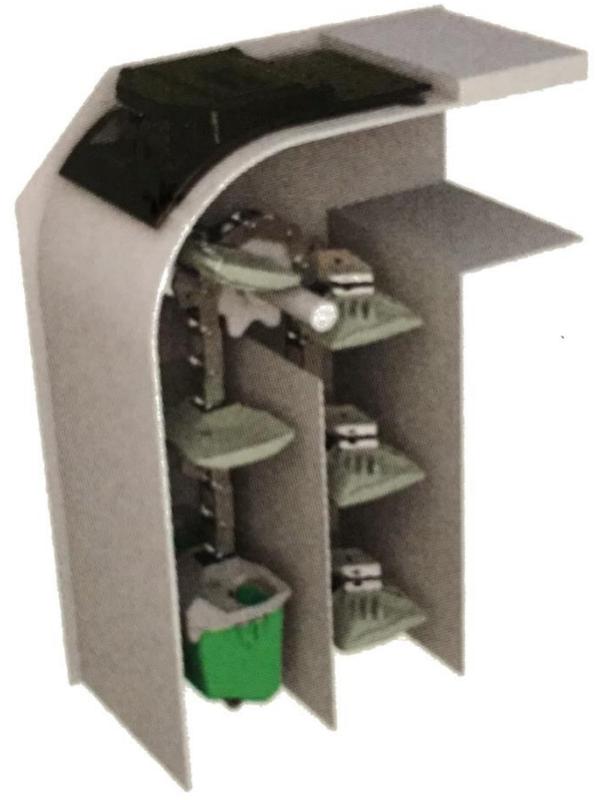
MEASURE FLOW IN THE RIGHT PLACE
OUR FLOW SENSOR IS IN THE CORRECT
LOCATION TO MEASURE ACCURATE
MASS FLOW RATES



FORGET RECALIBRATIONS
AS FIELD CONDITIONS CHANGE, THE
GRAIN PROPERTY KIT ADJUSTS
YIELDSense ON THE FLY



CONSISTENT PADDLE SHAPE
UNIQUE PADDLE SHAPE DIRECTS
GRAIN FLOW CONSISTENTLY
ACROSS THE FLOW SENSOR

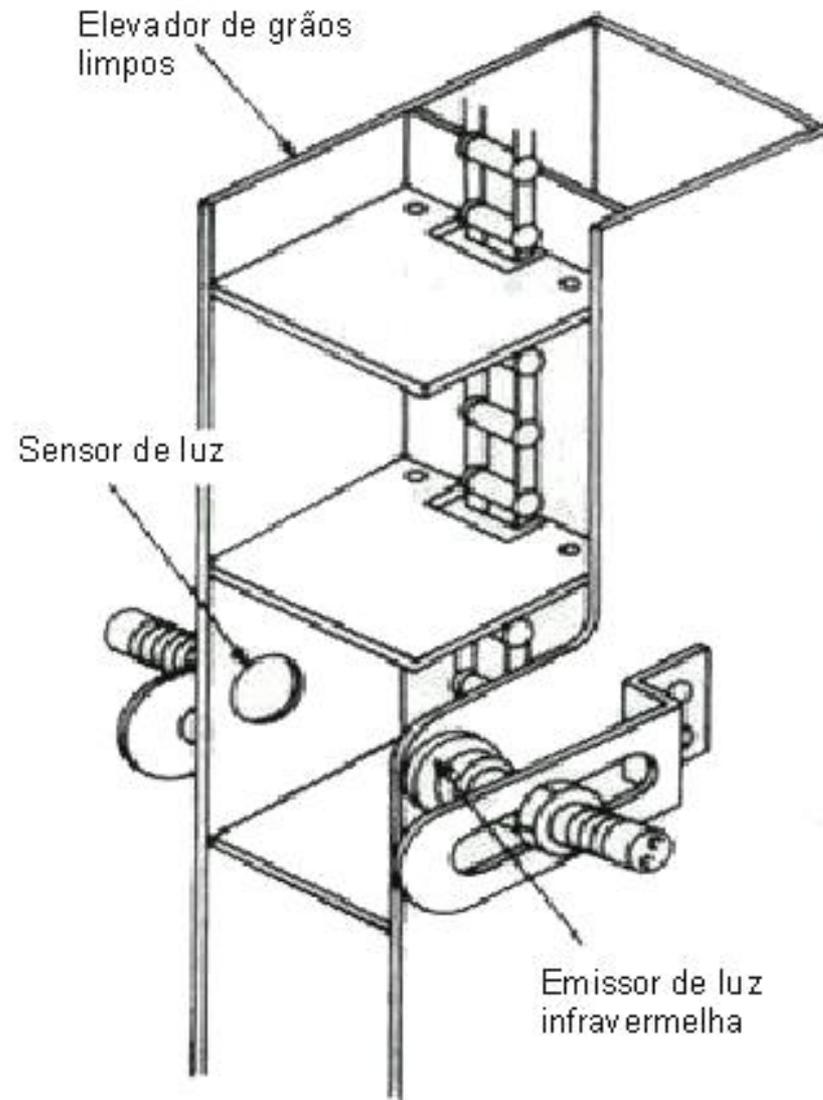


<http://www.solidrockfarms.com/yieldsense/>



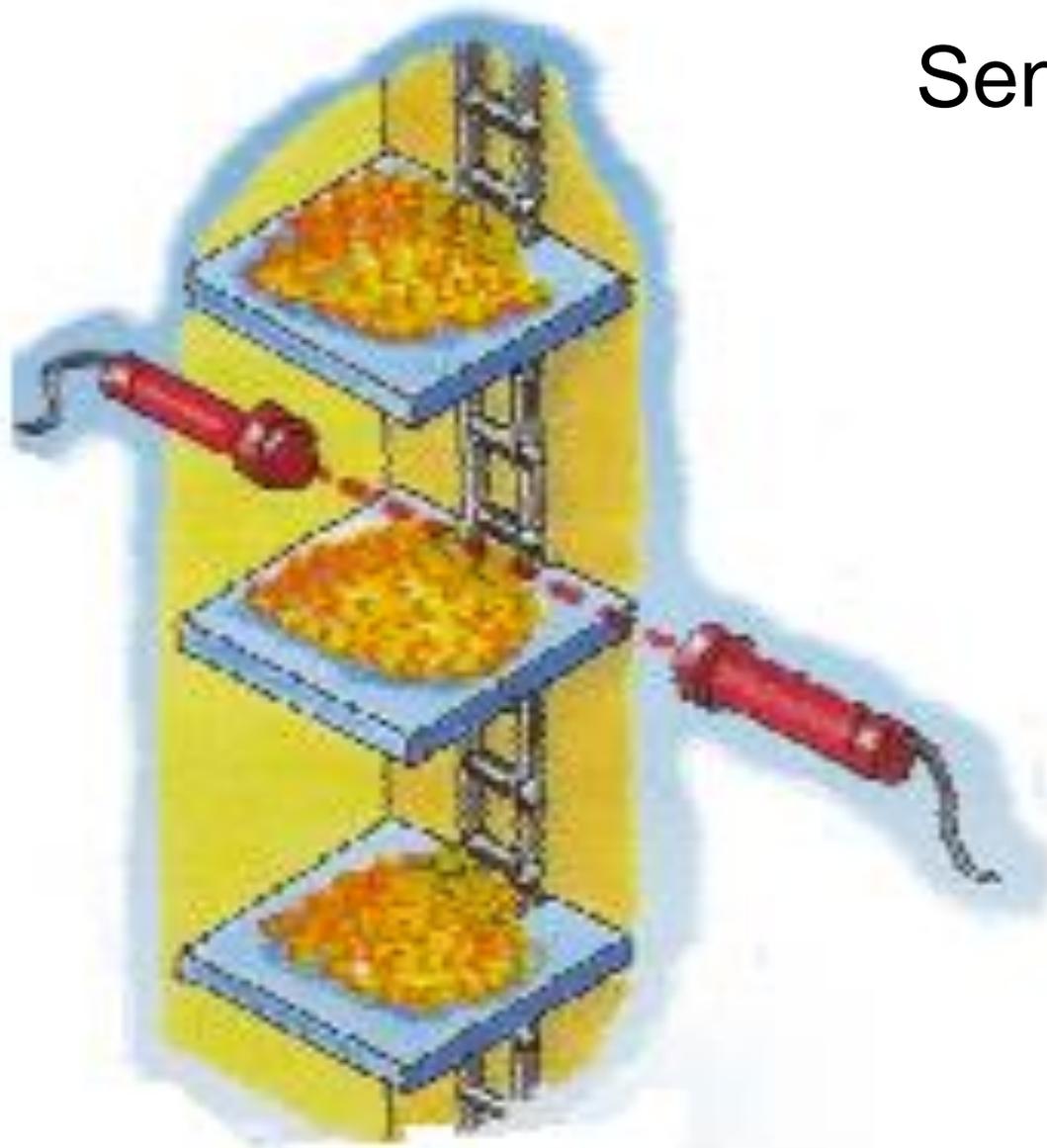
Prof. J. P. Molin

Sensores volumétricos



Sistema RDS

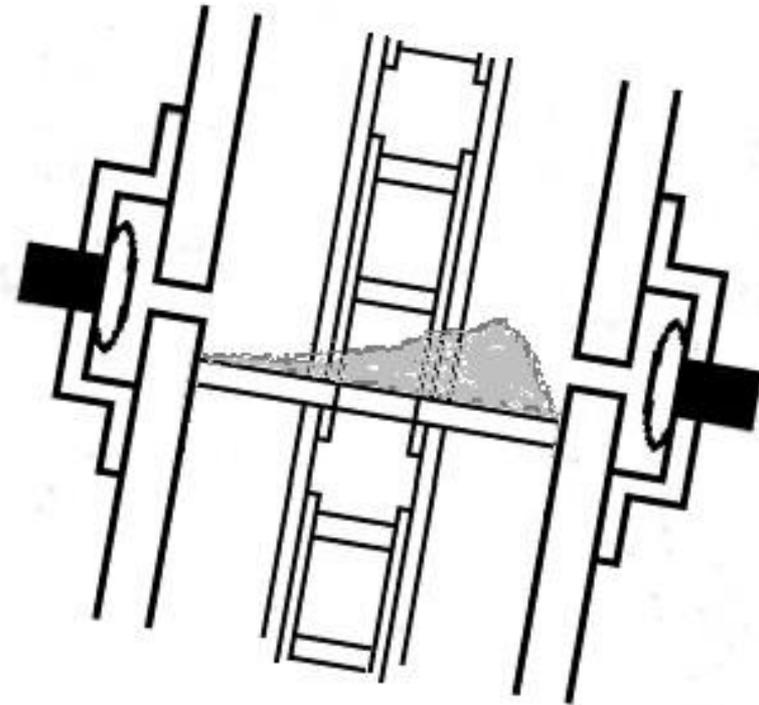
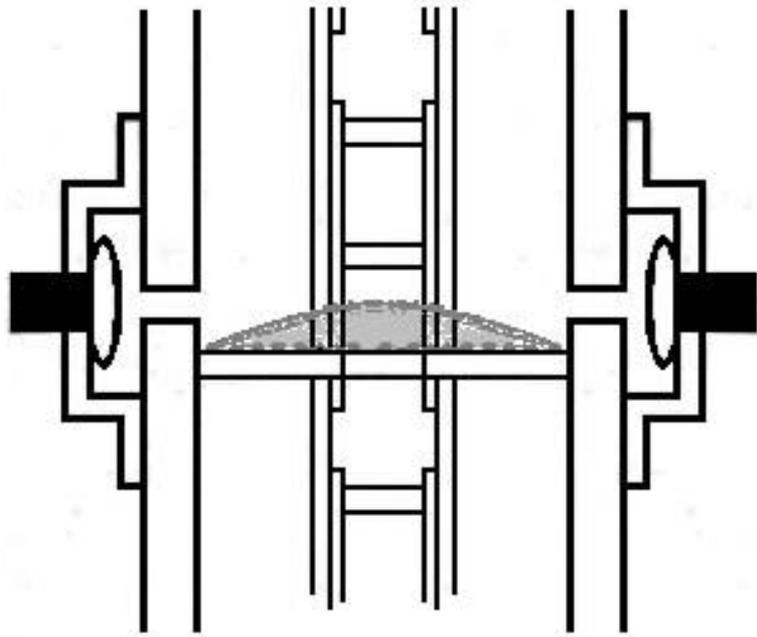
Sensor óptico



Profi



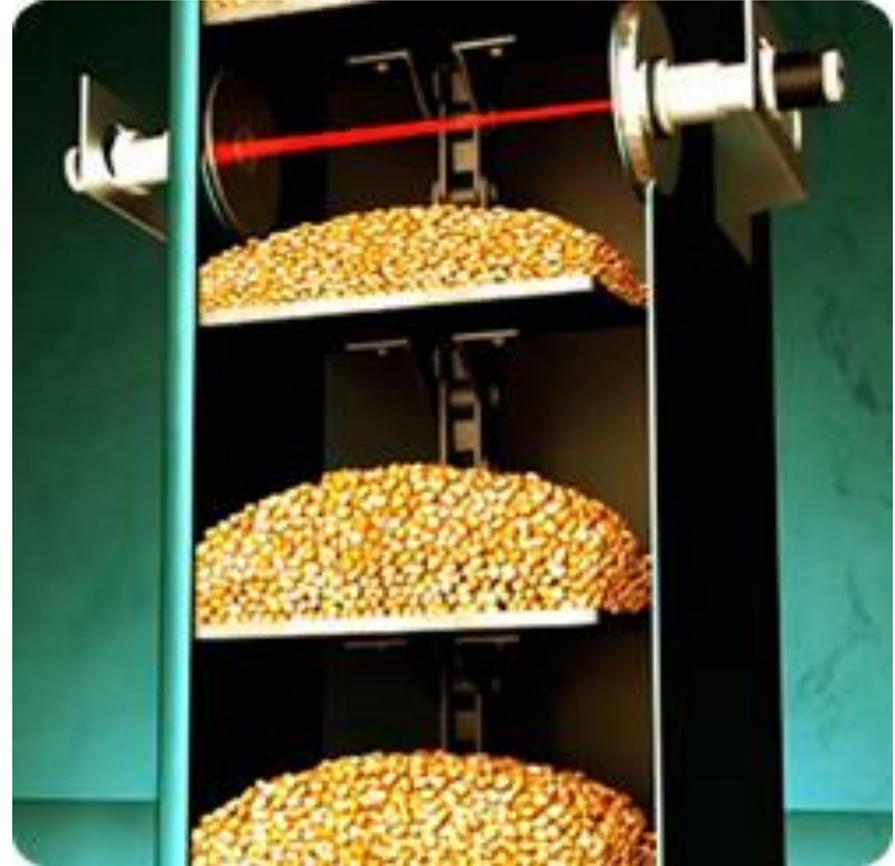
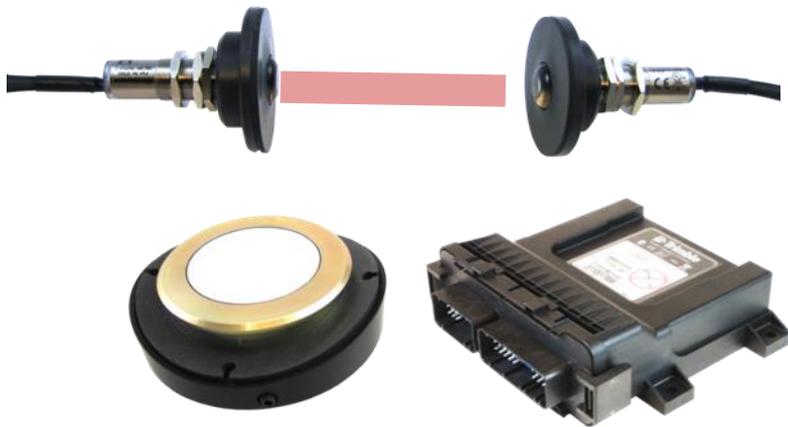
Efeito da inclinação lateral da colhedora



Sensor de inclinação



Trimble



YIELD MONITORING



Alguns dos fornecedores e tipo de sensor de fluxo de grãos que utilizam

Marca Comercial ou Fabricante	Tipo de Sensor de Fluxo
AFS, Case IH	Placa de impacto com célula de carga
New Holland	Placa de impacto com célula de carga
Harvest Doc, J. Deere	Placa de impacto com potenciômetro, ou com célula
Fieldstar, AGCO	Radioativo/Torquímetro/Placa de impacto
AgLeader	Placa de impacto com célula de carga
Plantium	Placa de impacto com célula de carga
Stara (Canlink, FarmScan)	Facho de luz
Trimble	Facho de luz
Verion	Placa de impacto com célula de carga
Precision Planting	Placa de impacto

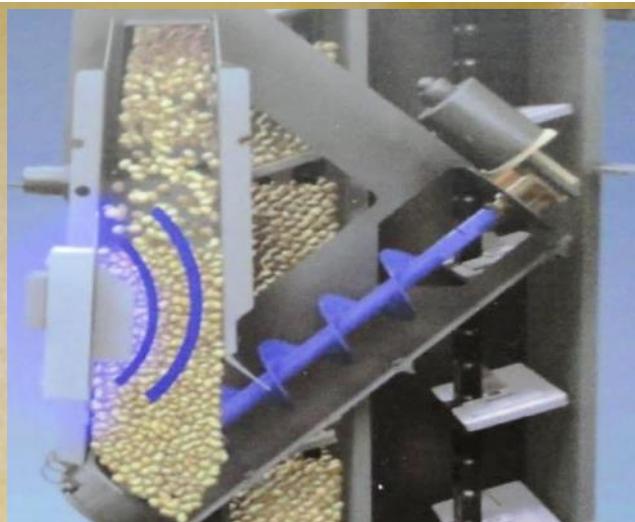
Alguns dos fornecedores e tipo de sensor de fluxo de grãos que utilizam

Marca Comercial ou Fabricante	Tipo de Sensor de Fluxo
AFS, Case IH	Placa de impacto com célula de carga
New Holland	Placa de impacto com célula de carga
Harvest Doc, J. Deere	Placa de impacto com potenciômetro, ou com célula
Fieldstar, AGCO	Radioativo/Torquímetro/Placa de impacto
AgLeader	Placa de impacto com célula de carga
Plantium	Placa de impacto com célula de carga
Stara (Canlink, FarmScan)	Facho de luz
Trimble	Facho de luz
Verion	Placa de impacto com célula de carga
Precision Planting	Placa de impacto



Sensores de
umidade dos grãos





Sensores de umidade dos grãos

MF - Brasil





Agrishow 2013



Agrishow 2018



Monitores de cabina

Executar 4



Vel de marcha
0.0 km/h

Rendim., seco m
10.051 ton/h

Umidade
15.5 %

Umidade, média
26.9 %

Área
3.56 ha

23 Mai, 2015
15:45

Rendim., úmido mé
11.612 ton/ha

Rendimento, seco
----- ton/ha

Peso, seco
35.827 ton

0 3 linhas 12

Tax.Tr,Campo,Med
1.7 ha/hr

Rendimento, úmido
----- ton/ha

Rendimento ton/ha
Legend Layer

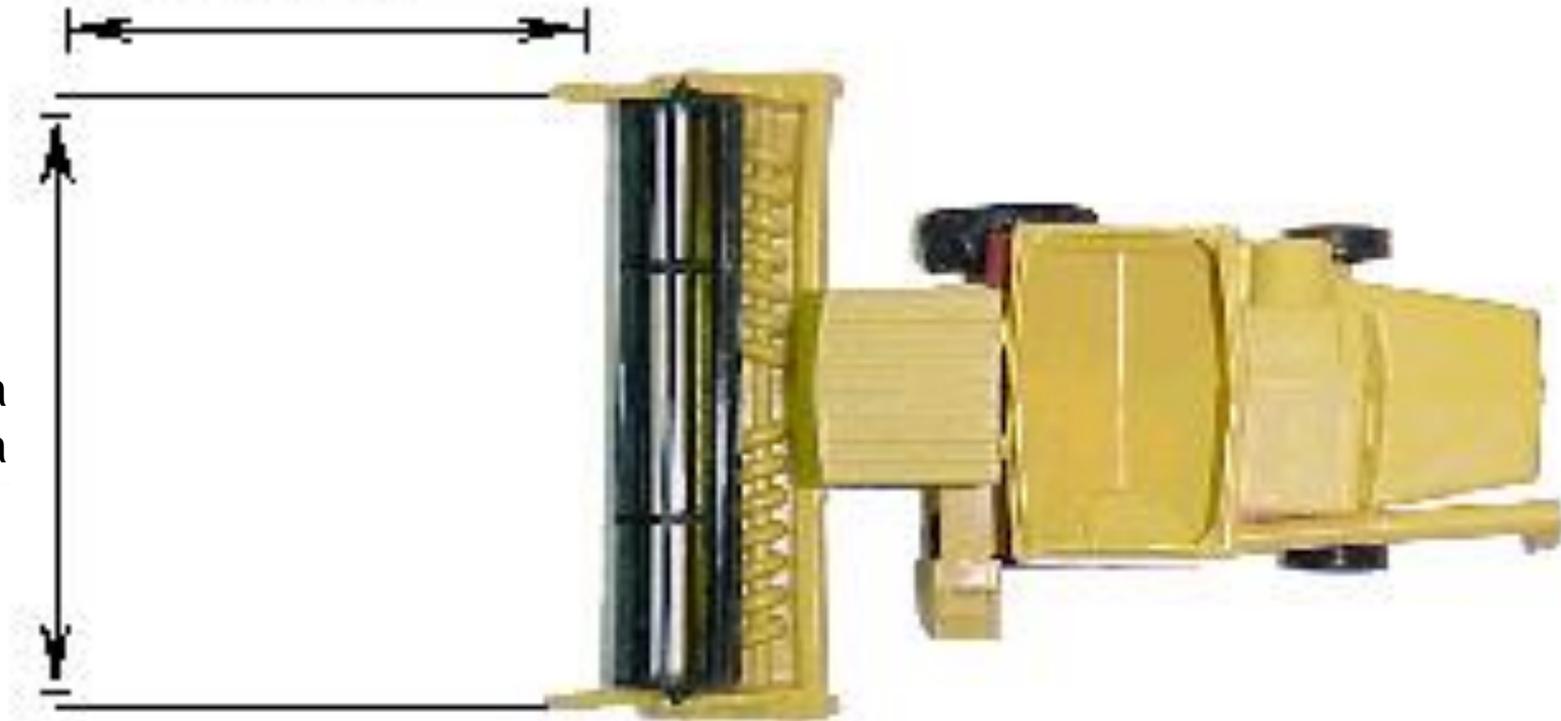


- Voltar
- Executar1
- Executar2
- Executar3
- Executar4
- Executar5
- Executar6

Área de um “ponto” no mapa de colheita

Distância percorrida pela máquina no intervalo de coleta (geralmente de 1 a 3 segundos)

Largura da plataforma





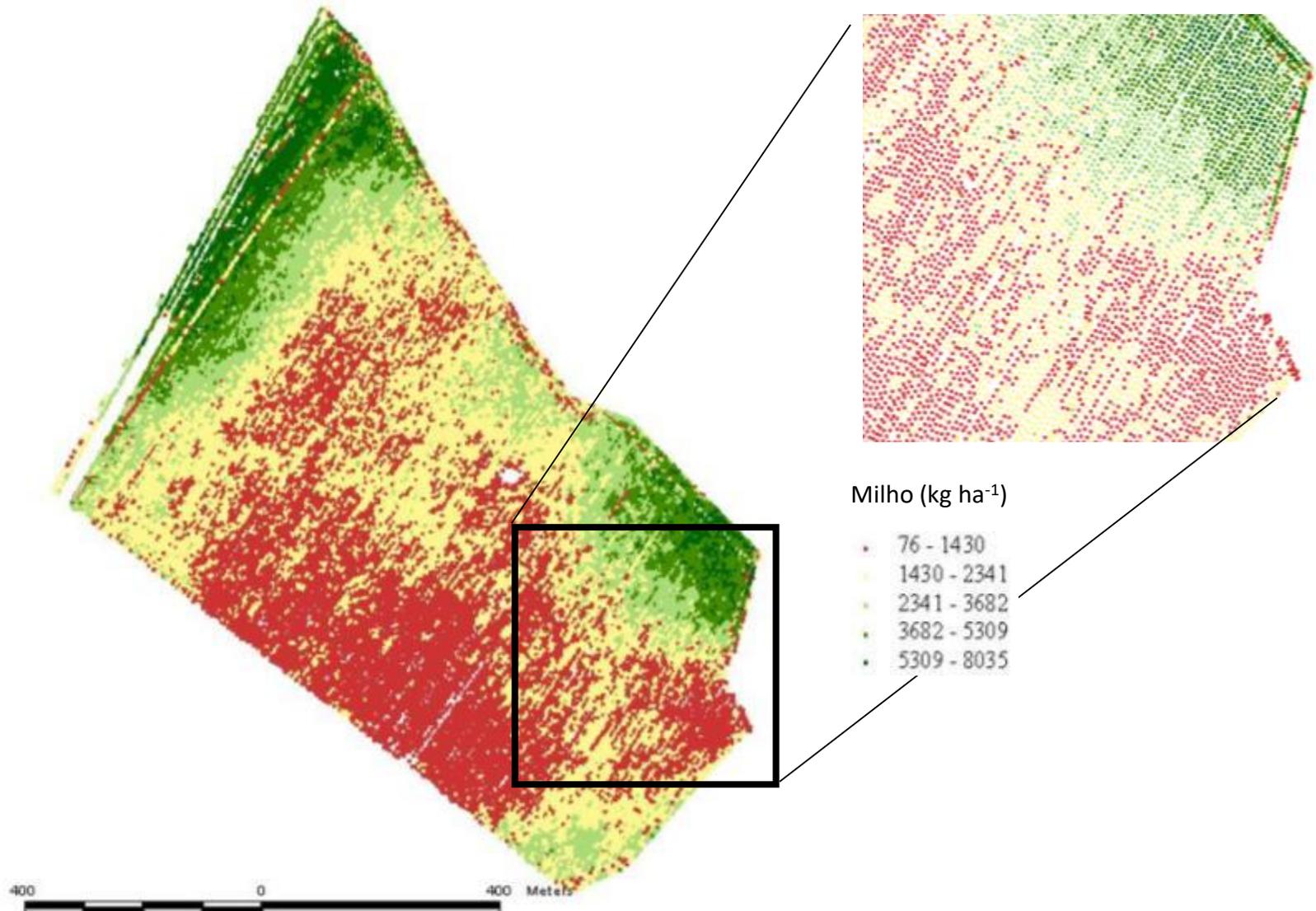
0 of 20266 selected

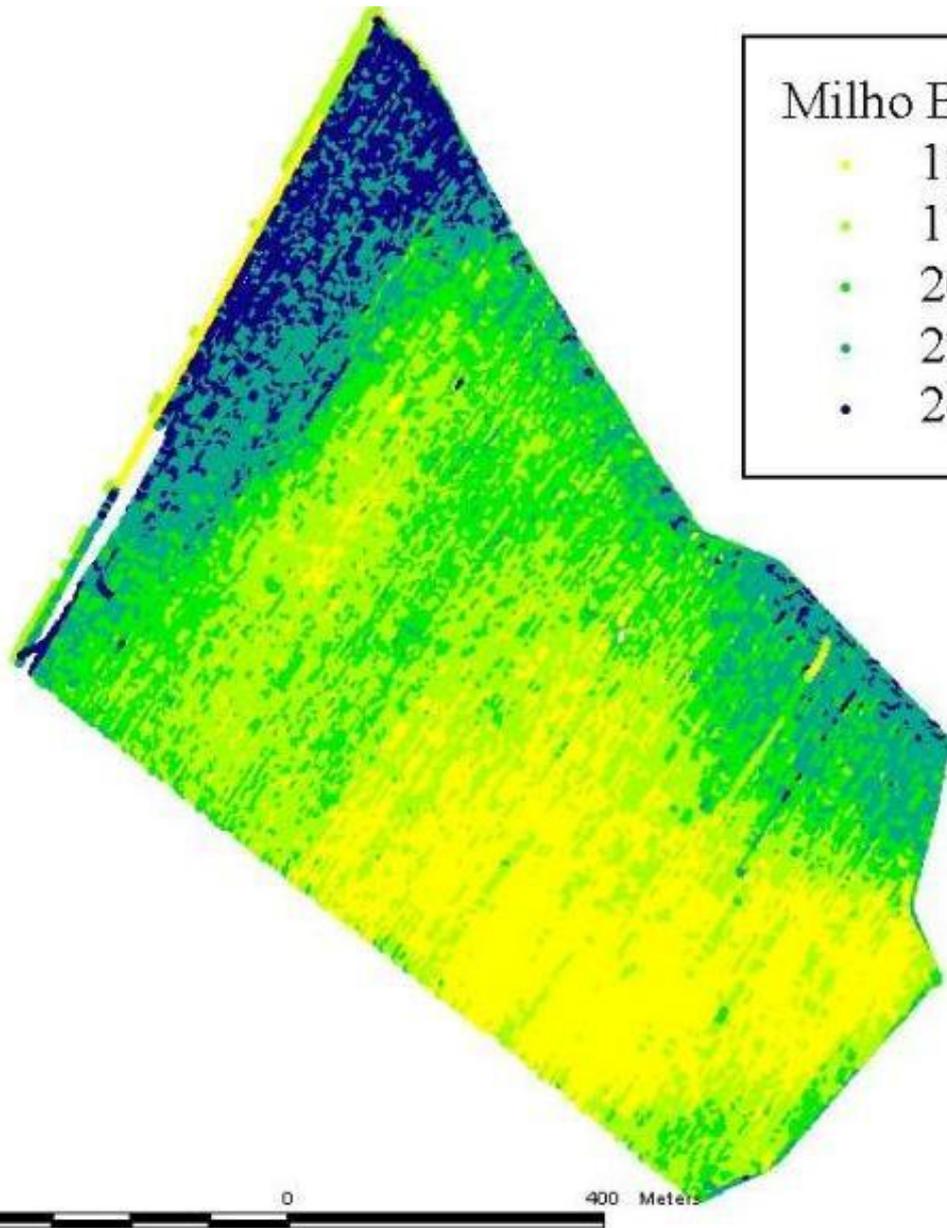


Attributes of Milho A

Shape	Longitude	Latitude	Flow	Time	Cycles	Distance	Swath	Moisture	Field	Load	Crop	Gps	Altitude	Serial	Dry_yield
Point	-50.033865	-22.703166	2.17	1110737212	3	426	660	15.00	F42_CR1	5	OptGrain1	3	499.67	2000130010	2276.82
Point	-50.033896	-22.703135	1.95	1110737215	3	429	660	14.20	F42_CR1	5	OptGrain1	3	499.67	2000130010	2054.75
Point	-50.033927	-22.703103	1.97	1110737218	3	436	660	14.90	F42_CR1	5	OptGrain1	3	499.57	2000130010	2025.78
Point	-50.033958	-22.703072	2.02	1110737221	3	434	660	13.80	F42_CR1	5	OptGrain1	3	499.57	2000130010	2093.96
Point	-50.033987	-22.703037	1.96	1110737224	3	431	660	14.40	F42_CR1	5	OptGrain1	3	499.27	2000130010	2047.40
Point	-50.029286	-22.709064	0.38	1110738892	3	594	660	15.00	F42_CR1	5	OptGrain1	3	493.27	2000130010	284.43
Point	-50.027428	-22.697835	0.74	1110664498	3	391	528	14.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	501.47	2000130010	1071.23
Point	-50.027390	-22.697770	0.70	1110664492	3	381	528	14.50	F42_CR1	4	OptGrain1	3	501.17	2000130010	1035.16
Point	-50.027370	-22.697739	0.79	1110664489	3	373	528	14.20	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.97	2000130010	1190.77
Point	-50.027352	-22.697707	0.68	1110664486	3	381	528	14.10	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.87	2000130010	1006.23
Point	-50.027329	-22.697679	0.70	1110664483	3	398	528	15.30	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.77	2000130010	986.11
Point	-50.027305	-22.697647	0.70	1110664480	3	393	528	15.40	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.77	2000130010	997.66
Point	-50.027284	-22.697611	0.68	1110664477	3	373	528	15.20	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.67	2000130010	1013.62
Point	-50.027267	-22.697578	0.66	1110664474	3	368	528	14.40	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.47	2000130010	1016.41
Point	-50.027249	-22.697547	0.80	1110664471	3	383	528	15.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.27	2000130010	1165.29
Point	-50.027230	-22.697516	0.75	1110664468	3	383	528	14.90	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.17	2000130010	1096.60
Point	-50.027212	-22.697483	0.76	1110664465	3	383	528	15.60	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.17	2000130010	1100.76
Point	-50.027196	-22.697449	0.81	1110664462	3	393	528	15.30	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.97	2000130010	1153.49
Point	-50.027179	-22.697416	0.88	1110664459	3	386	528	16.00	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.87	2000130010	1257.78
Point	-50.027159	-22.697384	1.03	1110664456	3	381	528	15.10	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.87	2000130010	1508.47
Point	-50.027141	-22.697350	1.13	1110664453	3	381	528	15.40	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.77	2000130010	1656.11
Point	-50.027125	-22.697318	1.14	1110664450	3	378	528	14.30	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.67	2000130010	1709.25
Point	-50.027109	-22.697287	1.11	1110664447	3	378	528	14.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.57	2000130010	1654.02
Point	-50.027093	-22.697256	1.33	1110664444	3	386	528	15.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.47	2000130010	1909.75
Point	-50.027078	-22.697228	1.23	1110664441	3	386	528	16.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.47	2000130010	1751.38
Point	-50.027061	-22.697199	1.19	1110664438	3	378	528	15.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.47	2000130010	1748.05
Point	-50.025100	-22.700261	2.22	1110583993	3	363	528	12.40	F42_CR1	1	OptGrain1	3	526.77	2000130010	3444.83
Point	-50.025477	-22.701580	1.48	1110583900	3	408	528	12.60	F42_CR1	1	OptGrain1	3	528.96	2000130010	2050.25
Point	-50.024424	-22.700189	1.32	1110583165	3	434	528	12.80	F42_CR1	1	OptGrain1	3	527.07	2000130010	1711.93
Point	-50.027409	-22.697802	0.69	1110664495	3	381	528	14.40	F42_CR1	4	OptGrain1	3	501.37	2000130010	1022.91
Point	-50.032815	-22.698298	1.33	1110724457	3	477	528	14.20	F42_CR1	4	OptGrain1	3	494.87	2000130010	1576.91
Point	-50.020366	-22.701715	2.73	1110556278	3	424	396	12.20	F42_CR1	1	OptGrain1	3	529.76	2000130010	4843.74
Point	-50.020390	-22.701753	2.76	1110556281	3	439	396	12.20	F42_CR1	1	OptGrain1	3	529.76	2000130010	4737.99
Point	-50.020411	-22.701791	2.59	1110556284	3	441	396	12.10	F42_CR1	1	OptGrain1	3	529.66	2000130010	4409.09
Point	-50.020433	-22.701830	2.66	1110556287	3	439	396	12.00	F42_CR1	1	OptGrain1	3	529.66	2000130010	4551.27

O mapa básico (de “pontos”) é a representação de cada ponto amostral





Milho B	
•	12.9 - 17.9
•	17.9 - 20
•	20 - 22.2
•	22.2 - 24.6
•	24.6 - 33.4

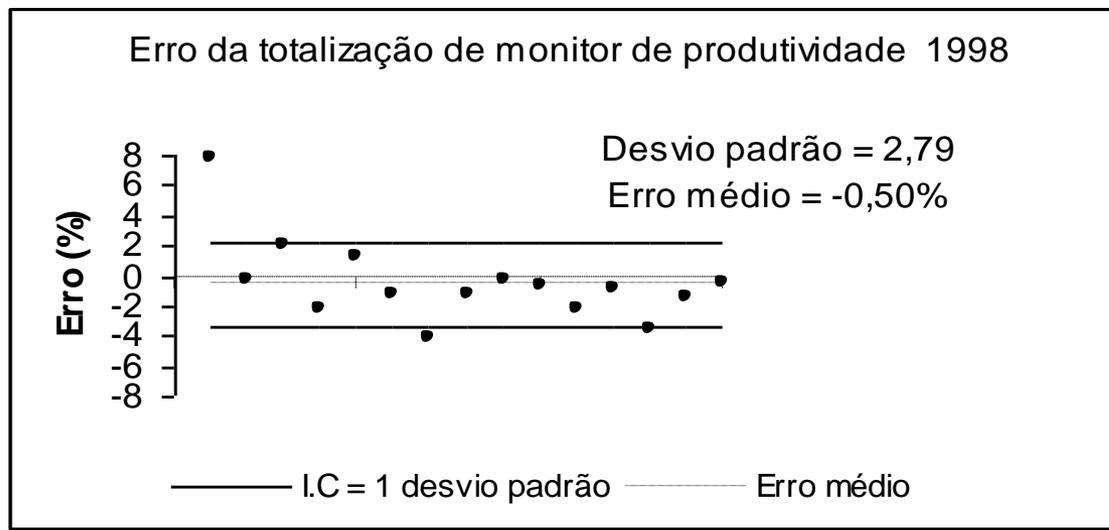
O mapa de
umidade dos
grãos

A calibração é fundamental...

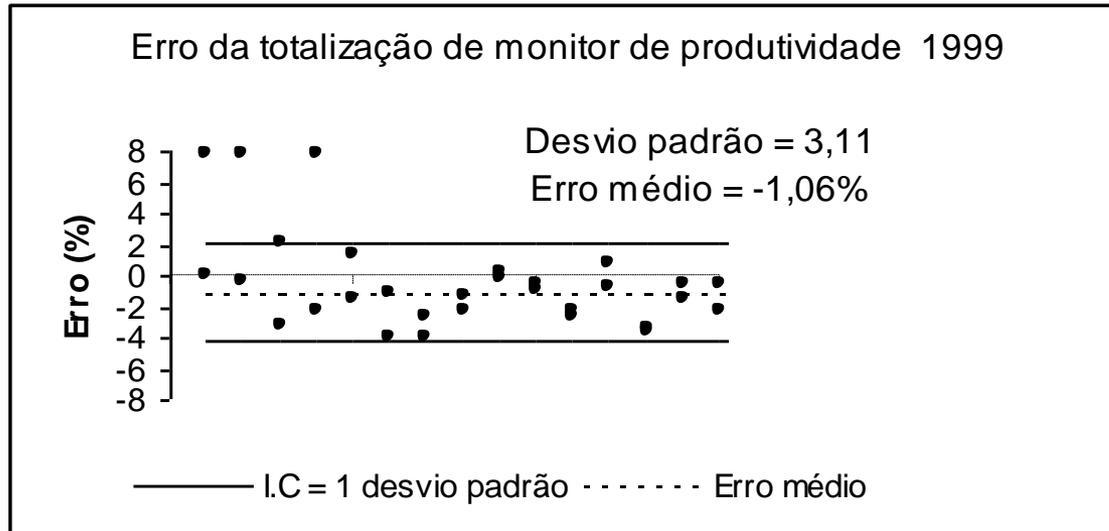


Qual a confiabilidade que se pode ter nos dados obtidos?



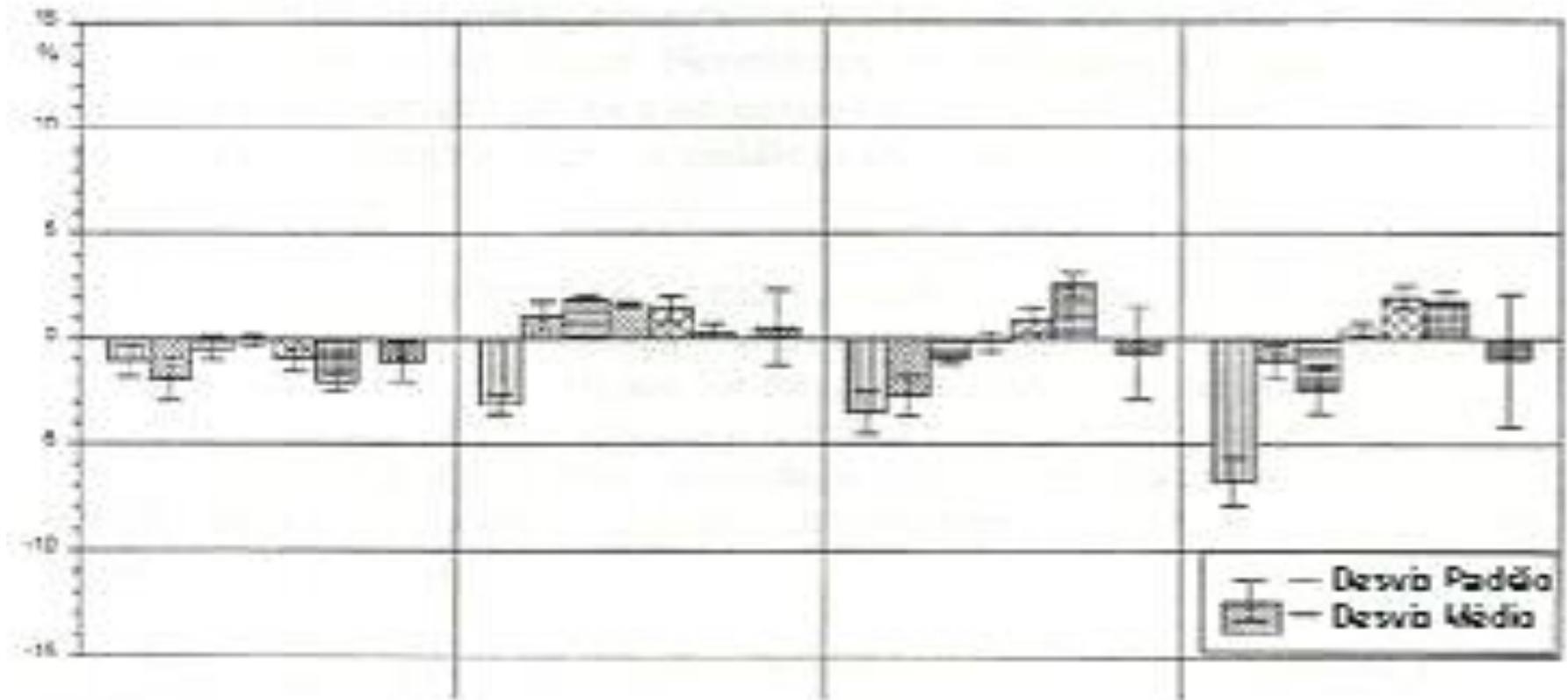


Dispersão dos erros de totalização do peso, em %, obtidos pelo monitor em relação ao peso obtido com balança, colheita de 1998



Dispersão dos erros de totalização do peso, em %, obtidos pelo monitor em relação ao peso obtido com balança, colheita de 1999

Erros de leitura em sensores de fluxo



RDS Ceres II

CLAAS Quantimeter II

Fieldstar

Ag Leader 2000

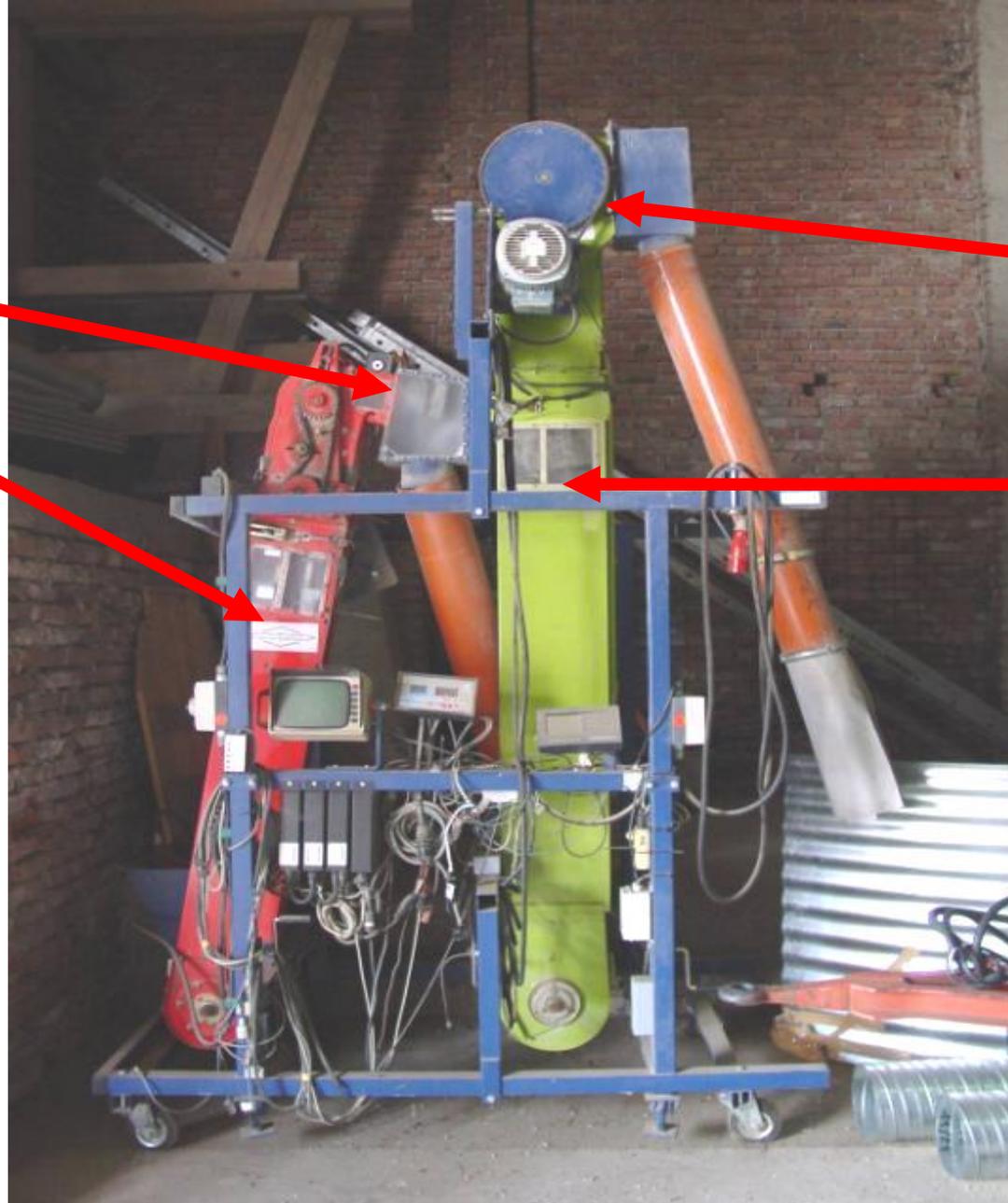
KORMAN et al. (1998)

Fieldstar

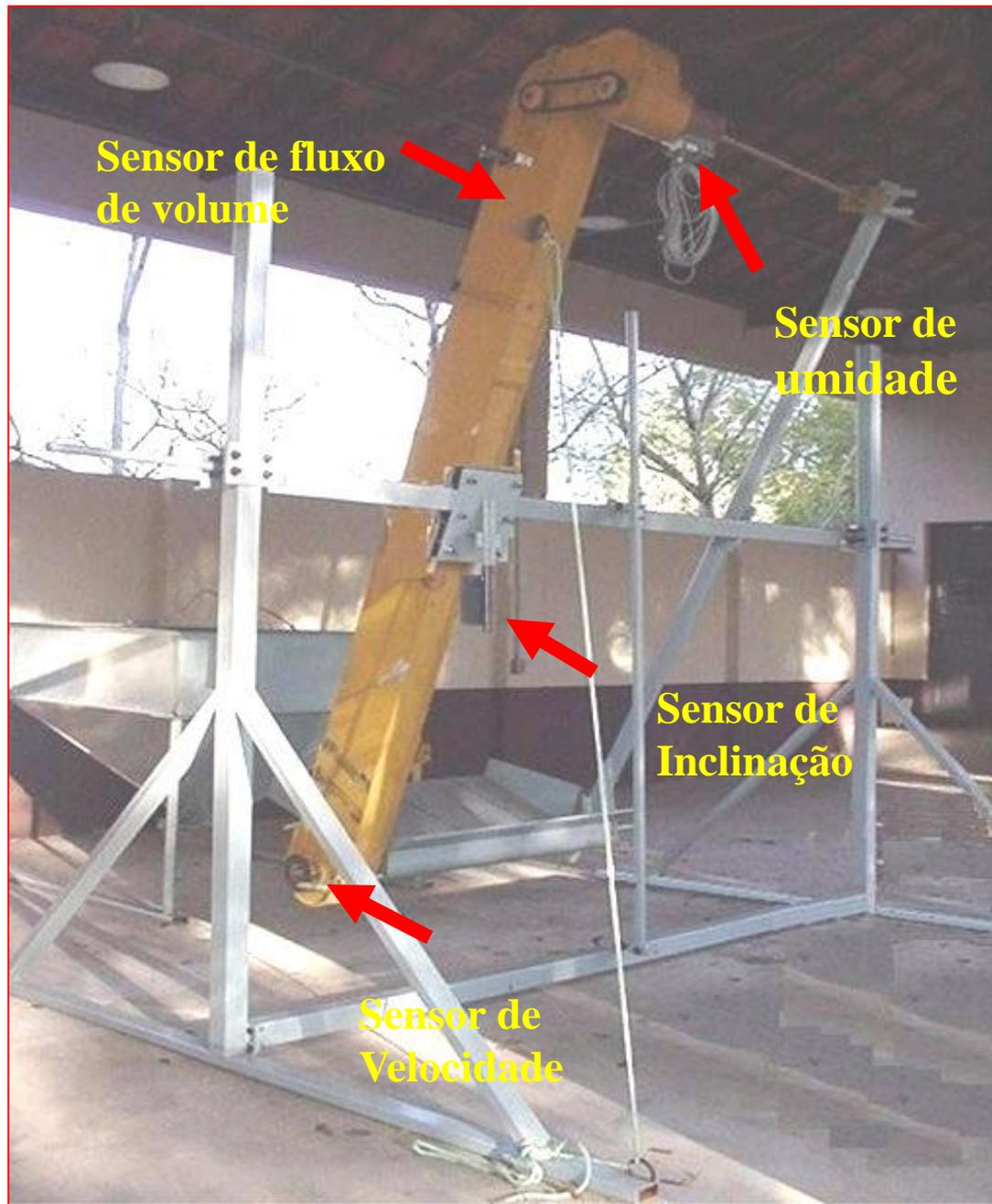
RDS Ceres II

Ag Leader 2000

CLAAS Quantimeter II

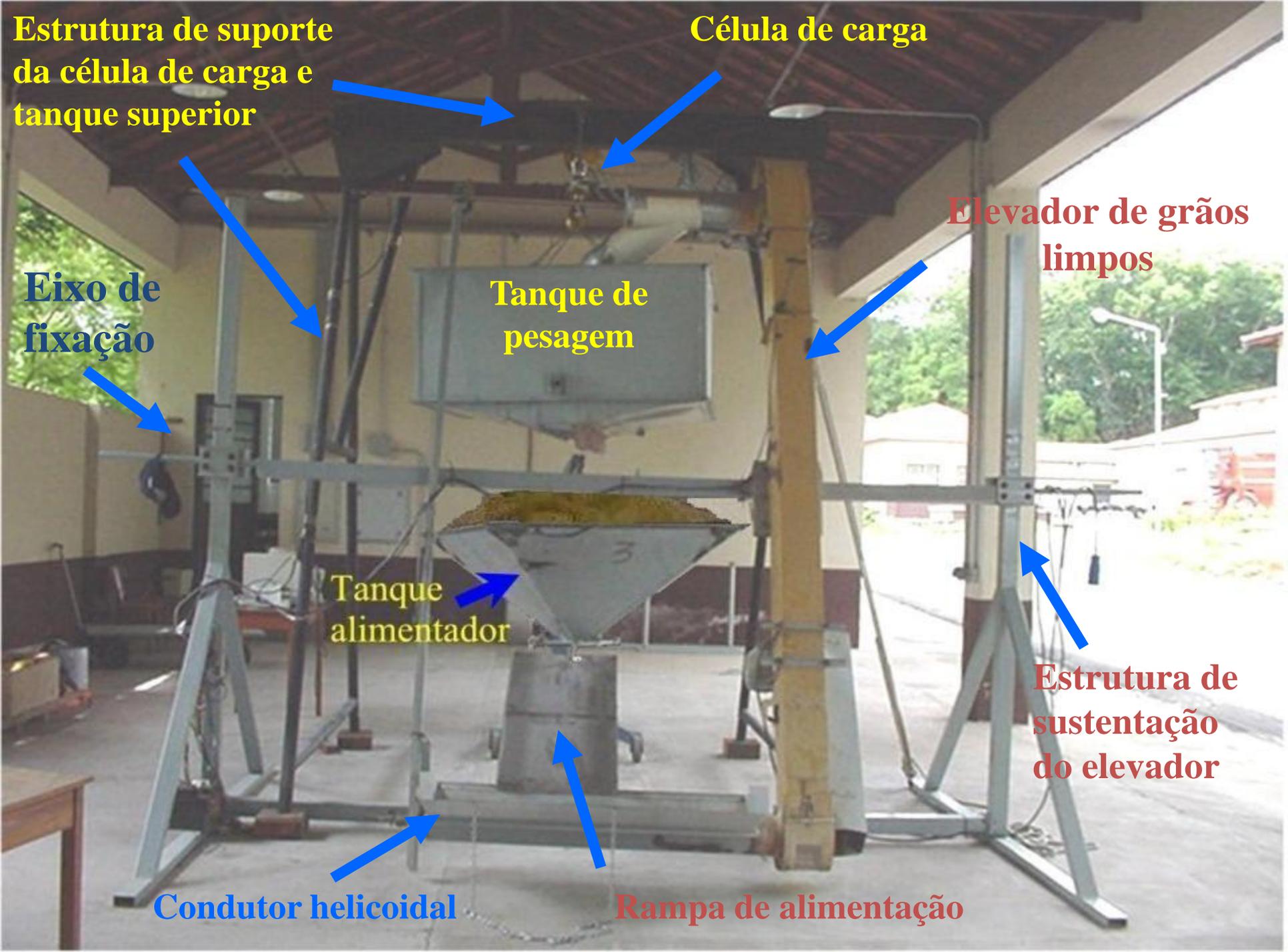


KORMAN et al. (1998)



Curva de calibração do tanque alimentador





Estrutura de suporte da célula de carga e tanque superior

Célula de carga

Eixo de fixação

Tanque de pesagem

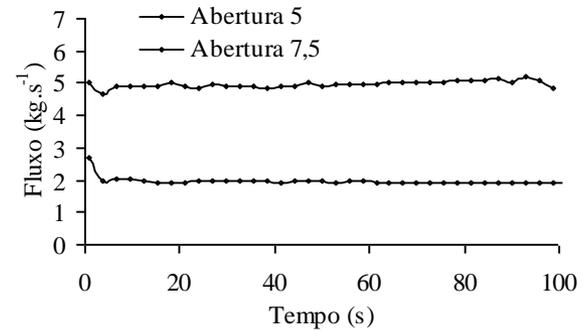
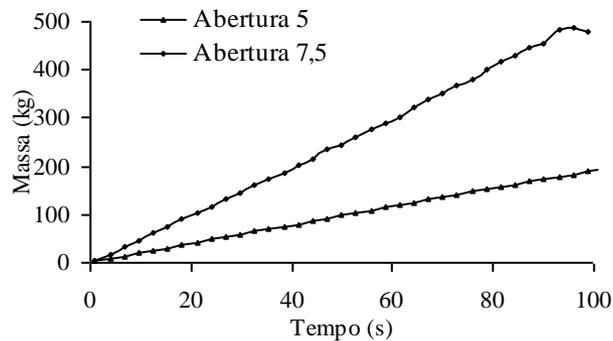
Elevador de grãos limpos

Tanque alimentador

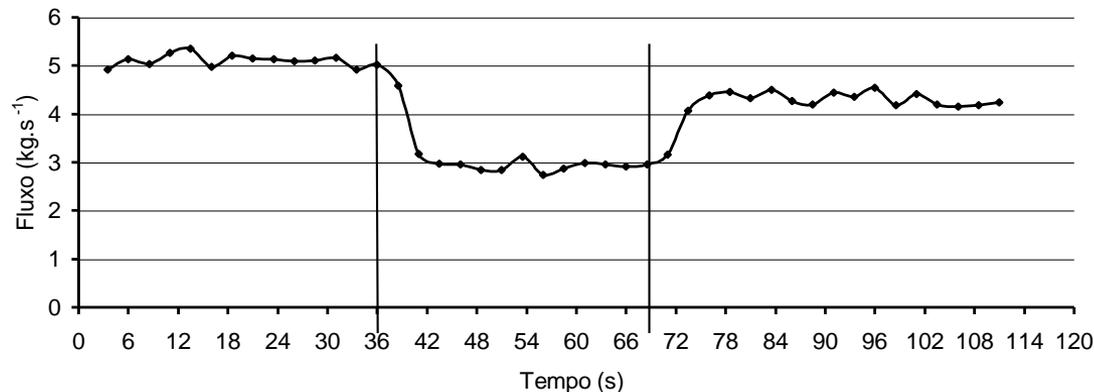
Estrutura de sustentação do elevador

Condutor helicoidal

Rampa de alimentação

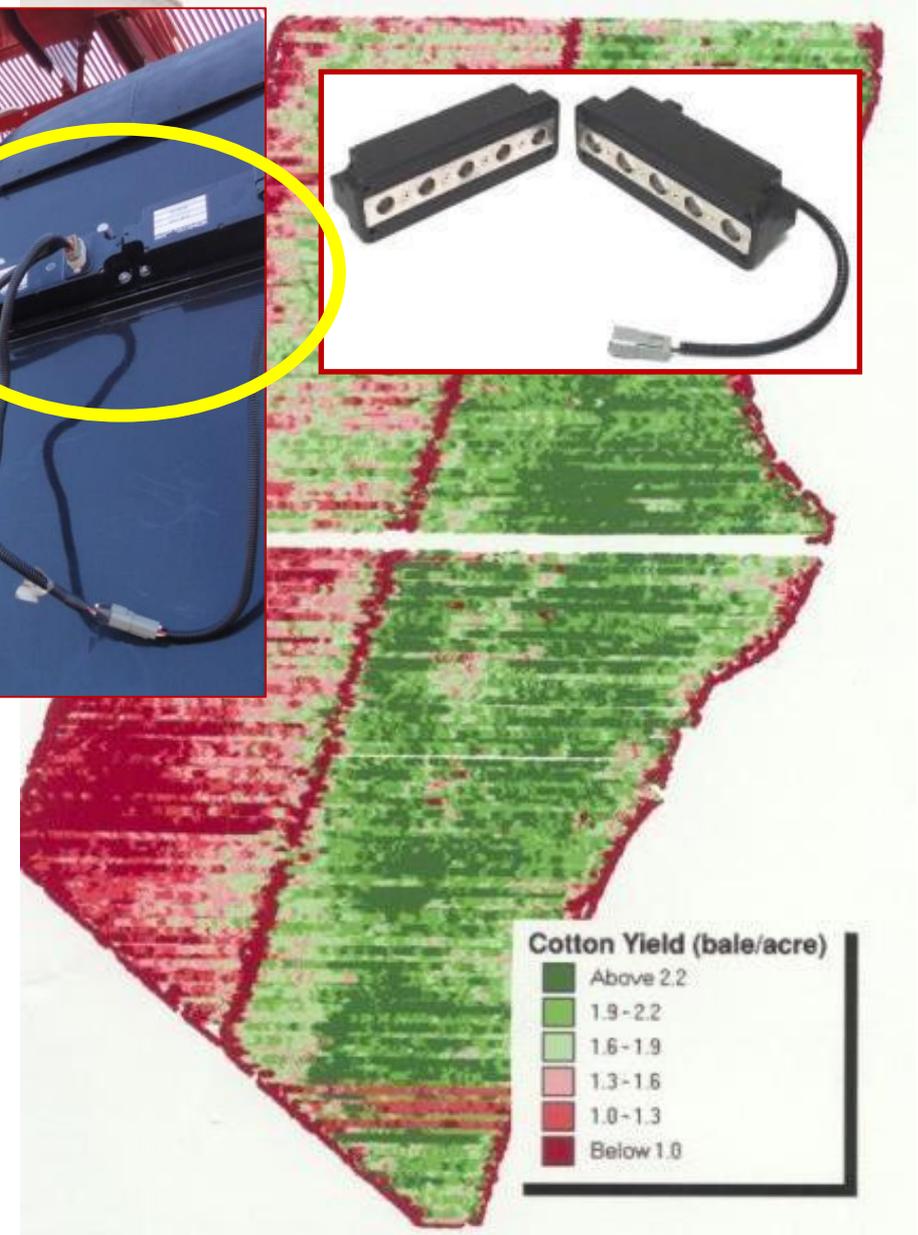


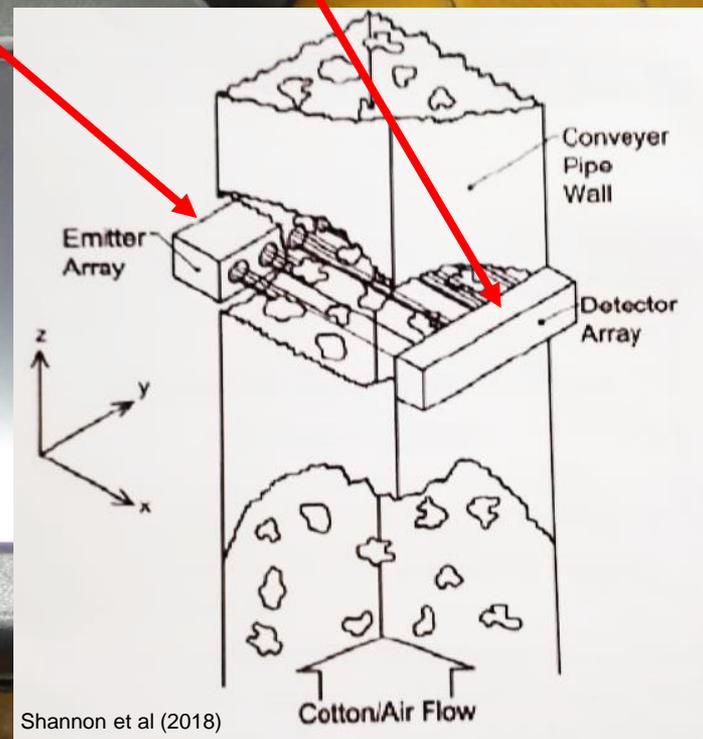
Massas acumuladas de grãos de milho e vazão de grão de milho registradas pela balança com o sistema de alimentação da bancada com vazão constante para as aberturas da comporta de seção ajustável nos pontos 5,0 e 7,5 da escala



Taxas variáveis de fluxos para o elevador com inclinação de 10° à direita, com aberturas da comporta de seção ajustável, referentes três diferentes pontos na escala

Algodão





John Deere
Agrishow 2011

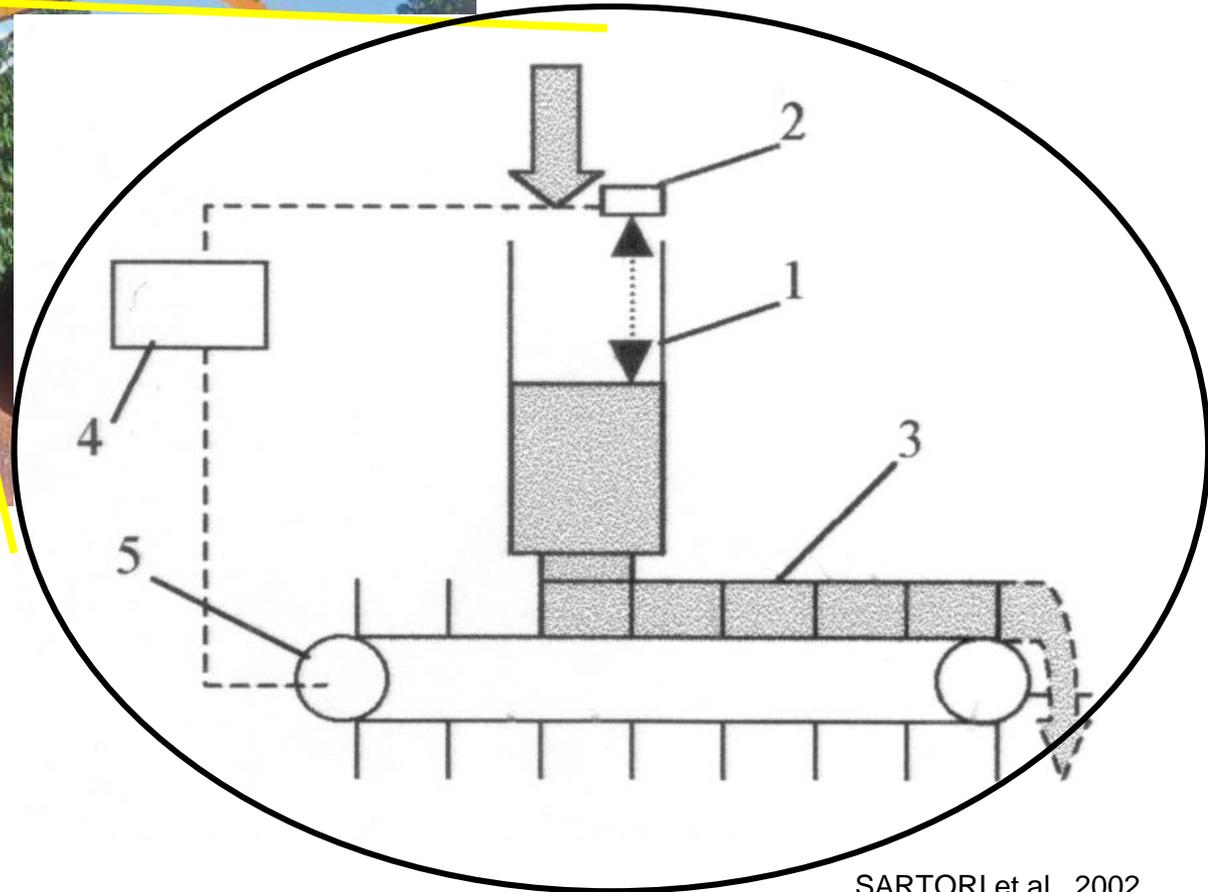


Sensor de microondas





Café



SARTORI et al., 2002

Monitor de produtividade de café



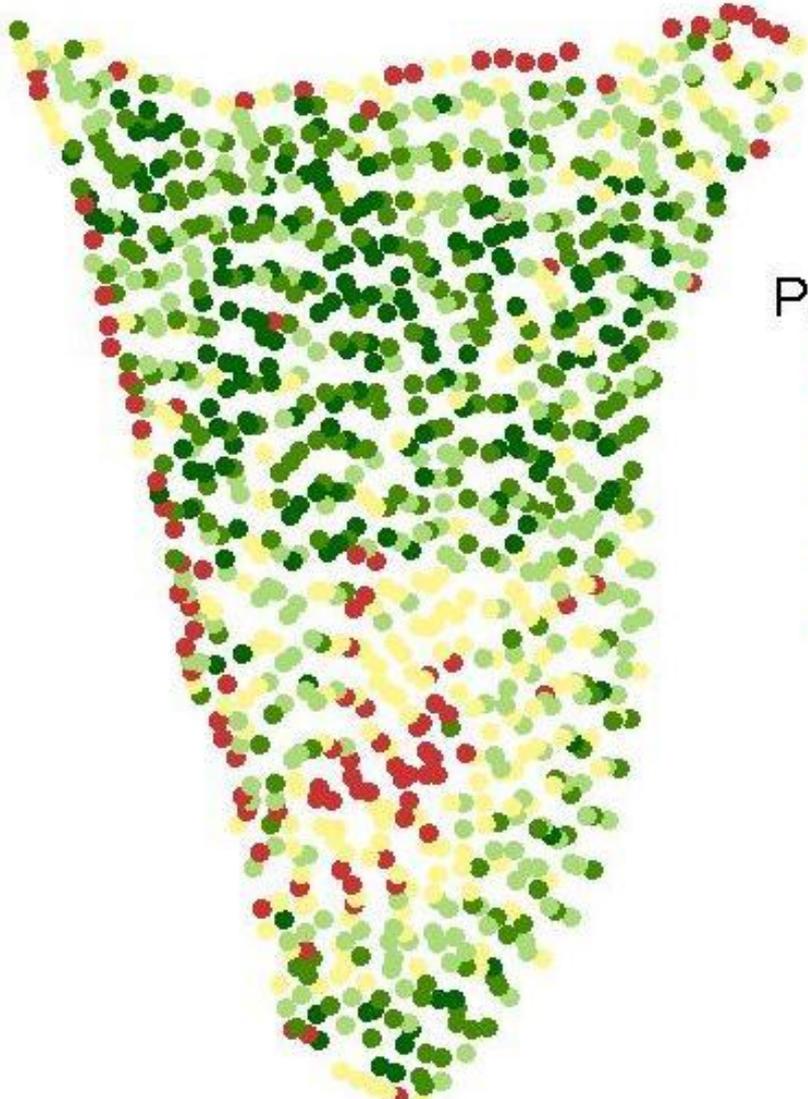
- O medidor volumétrico da colheita é composto por um sensor de ultrassom, palhetas e um contador de pulsos
- O volume contido entre 02 palhetas é conhecido (2,79 litros). O contador de pulsos mede quantas cargas de 2,79 litros são descarregadas na carreta e o computador marca a coordenada desse volume colhido.









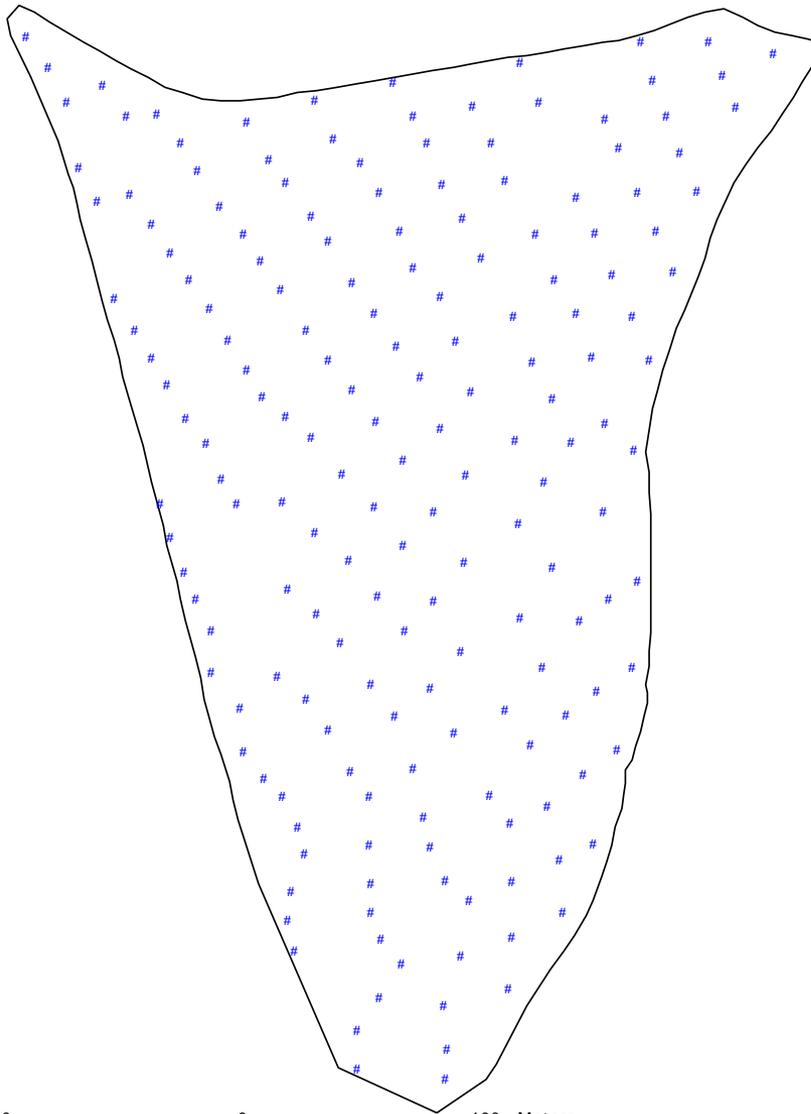


Produtividade kg/ha

- 1119.6 - 2335.2
- 2335.2 - 3055.8
- 3055.8 - 3632.4
- 3632.4 - 4182
- 4182 - 4983

50 0 50 Meters

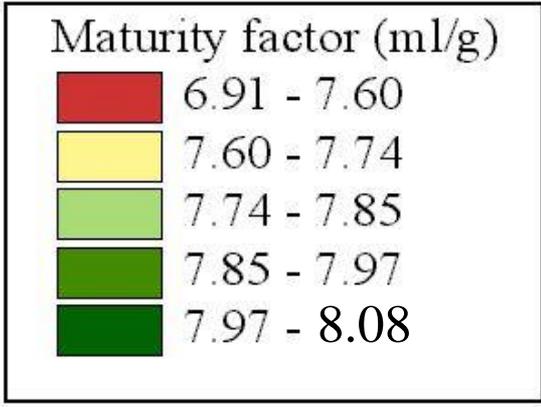
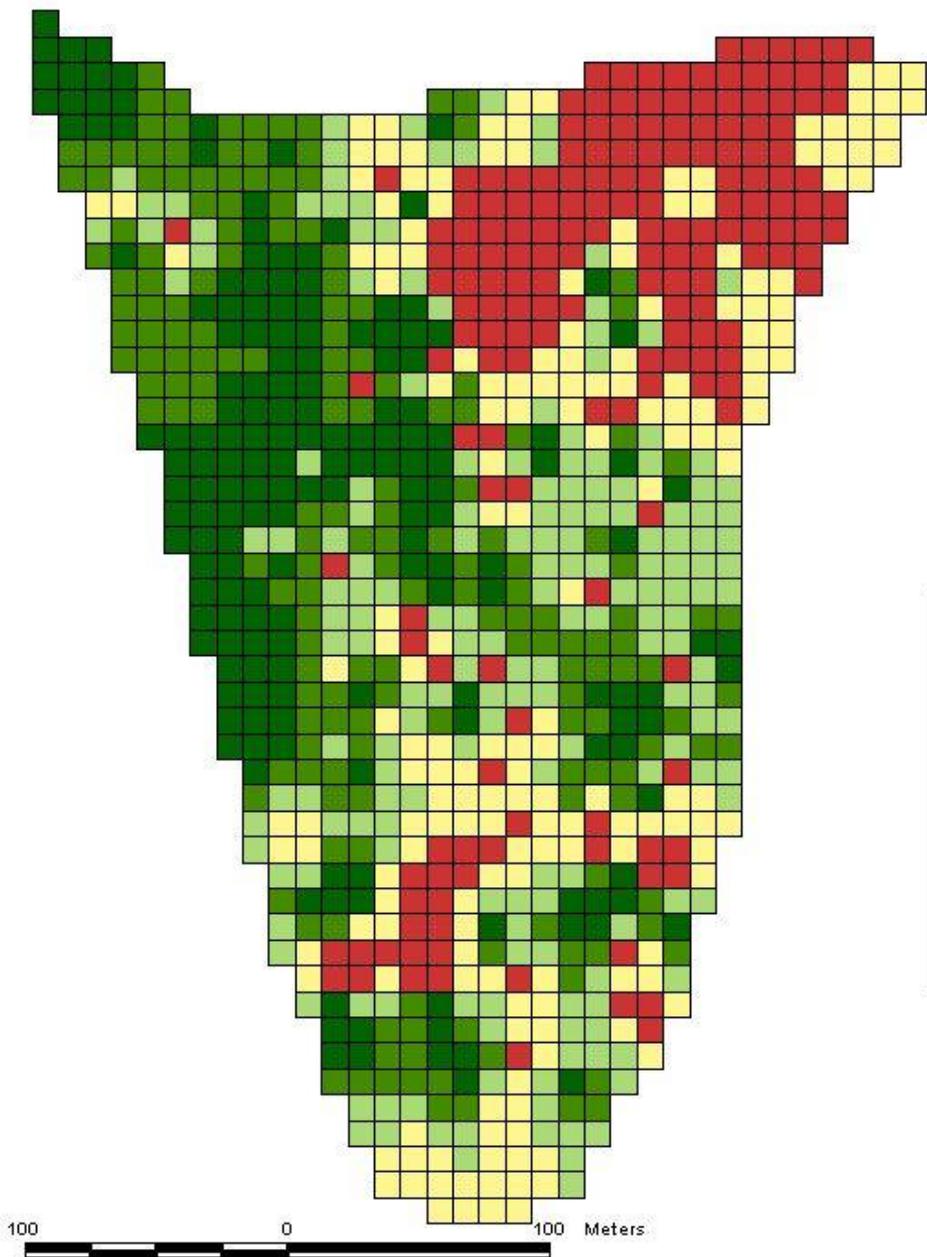


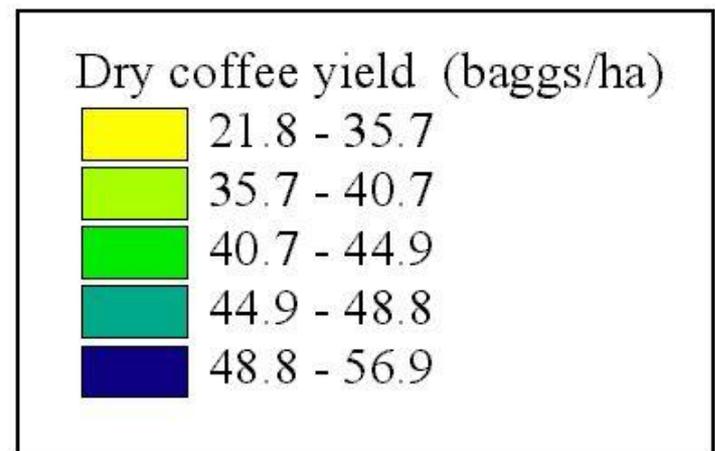
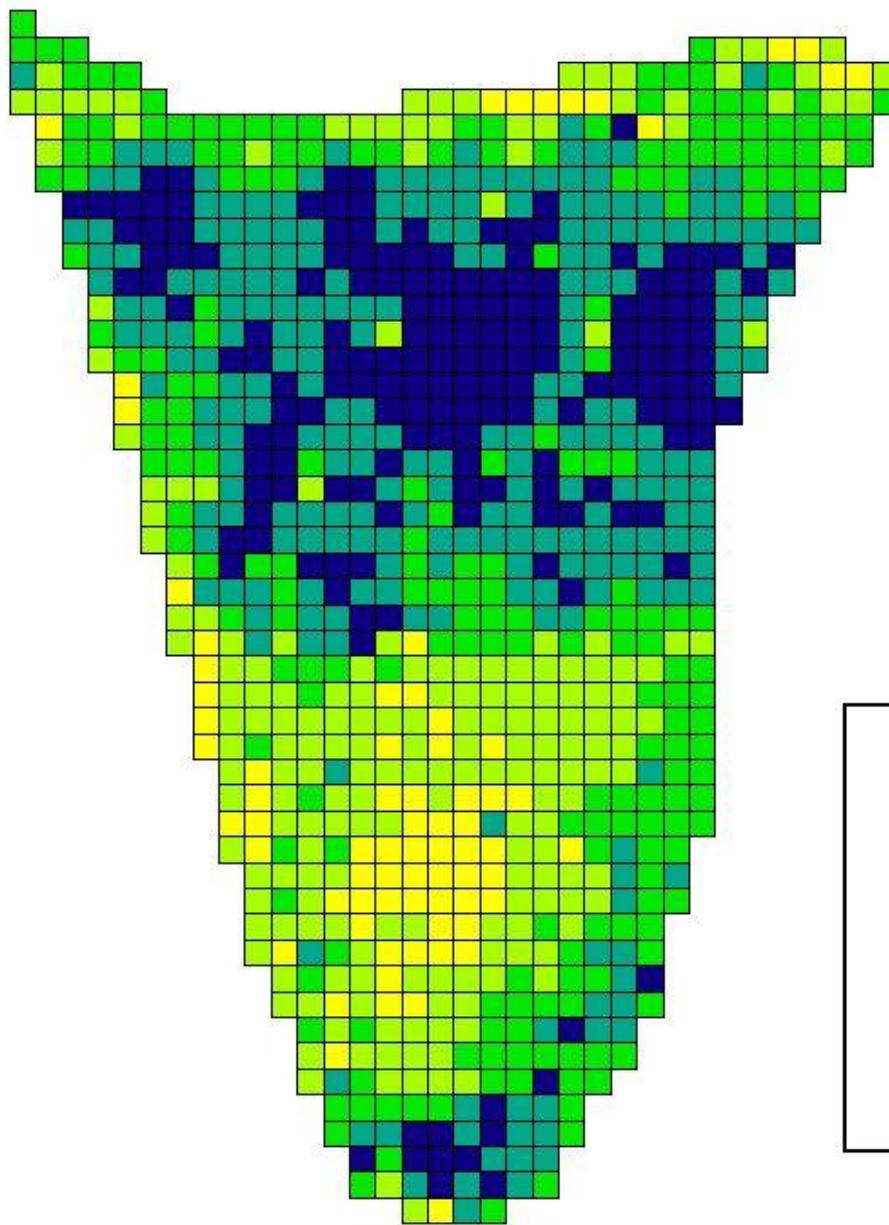


Grain maturity samples
□ Field Boundary



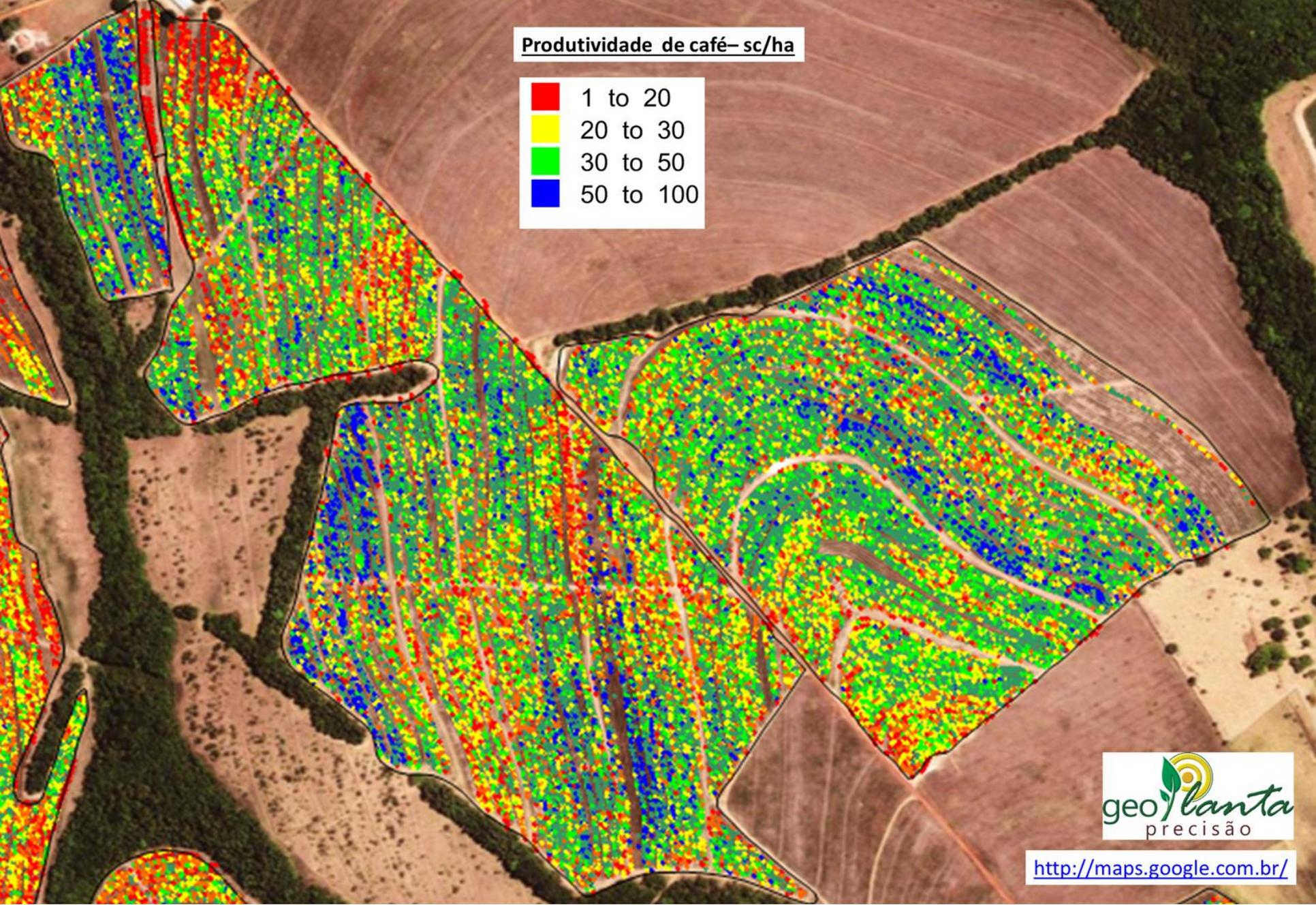






100 0 100 Meters

Produtividade de café- sc/ha

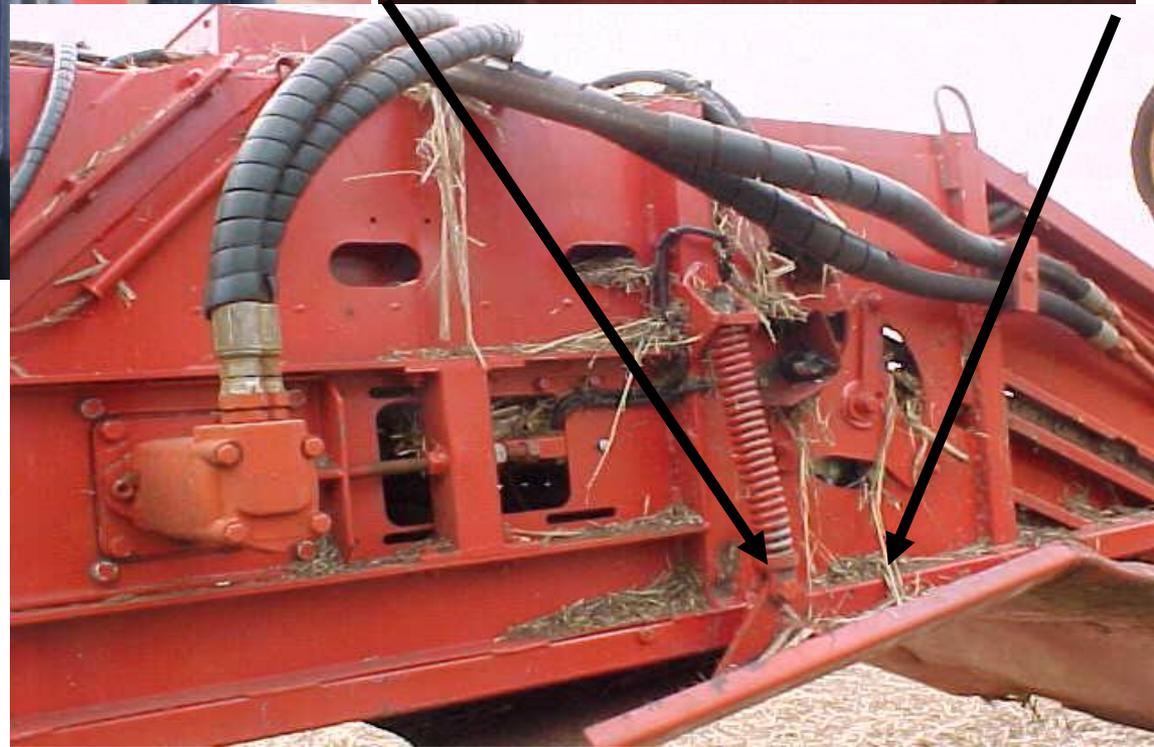


<http://maps.google.com.br/>

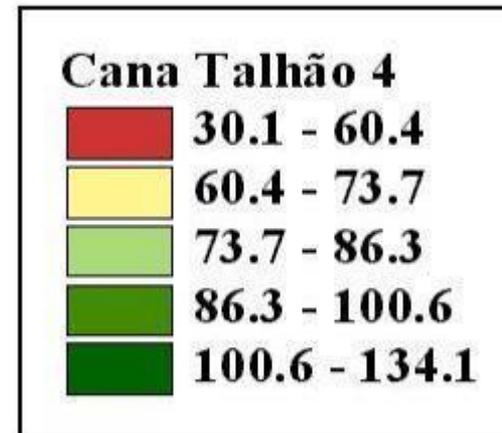
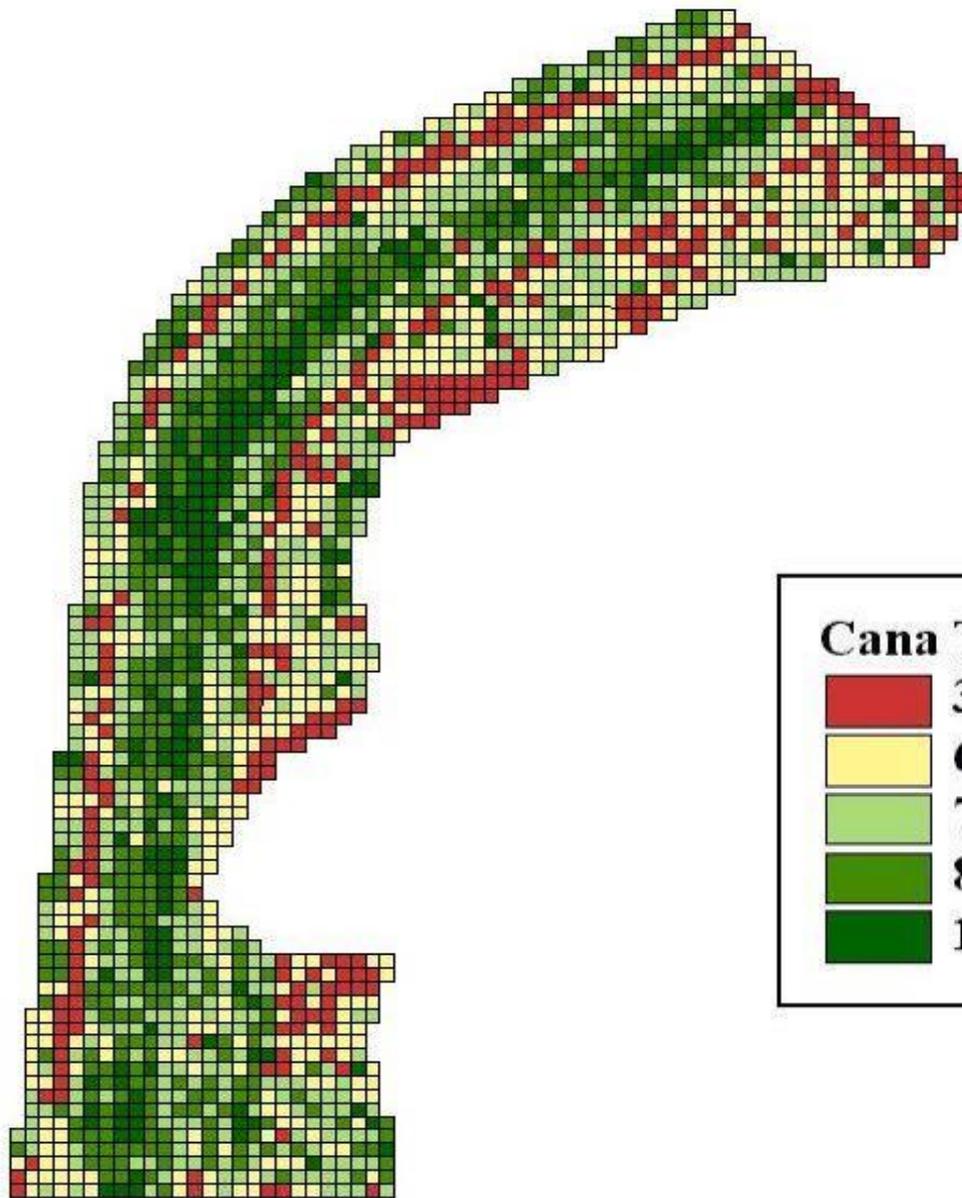
Cana

Colheita mecanizada





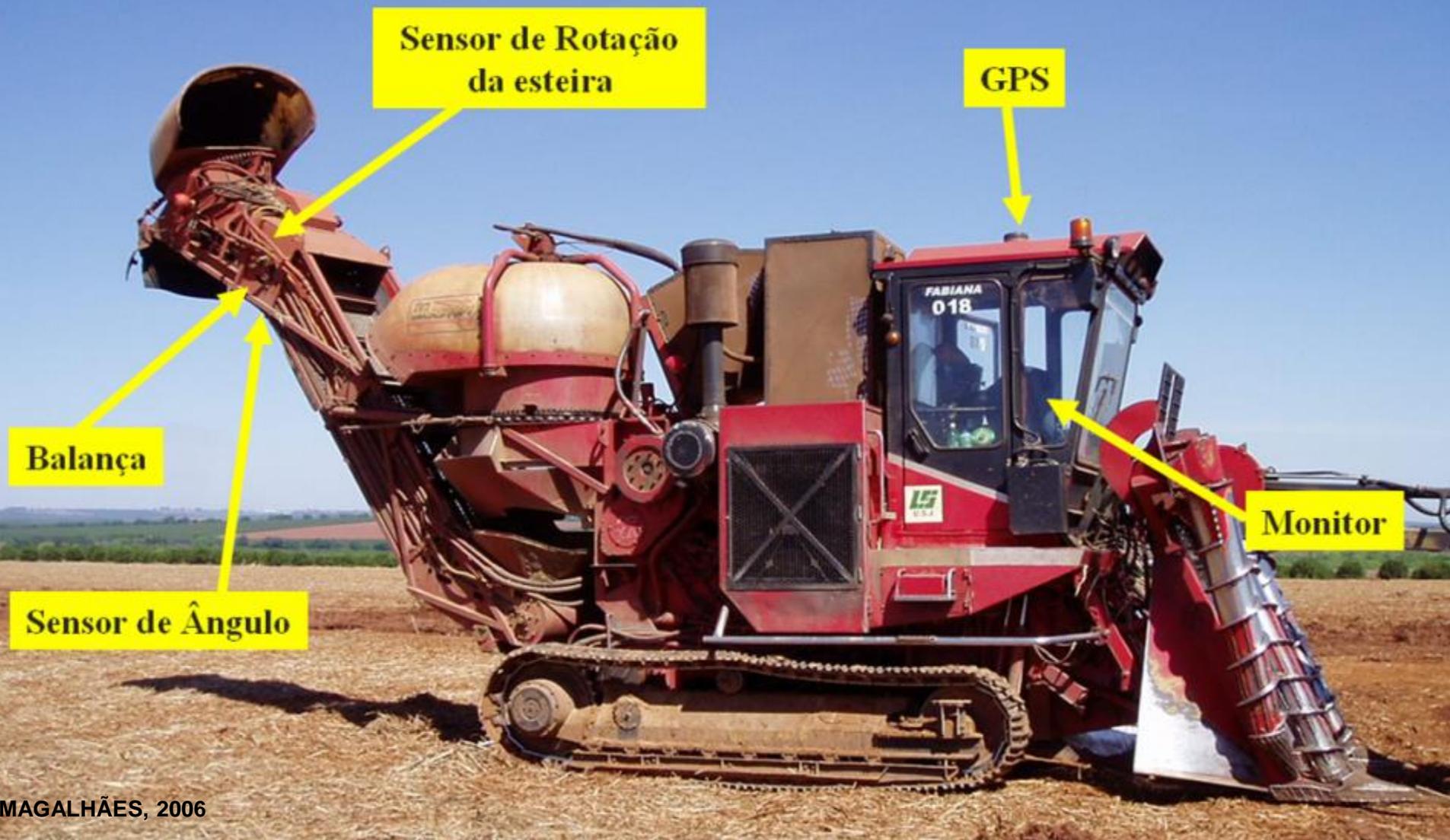
Monitor de produtividade
tipo balança



500 Meters



Monitor de produtividade tipo balança



MAGALHÃES, 2006

Monitor de produtividade tipo balança

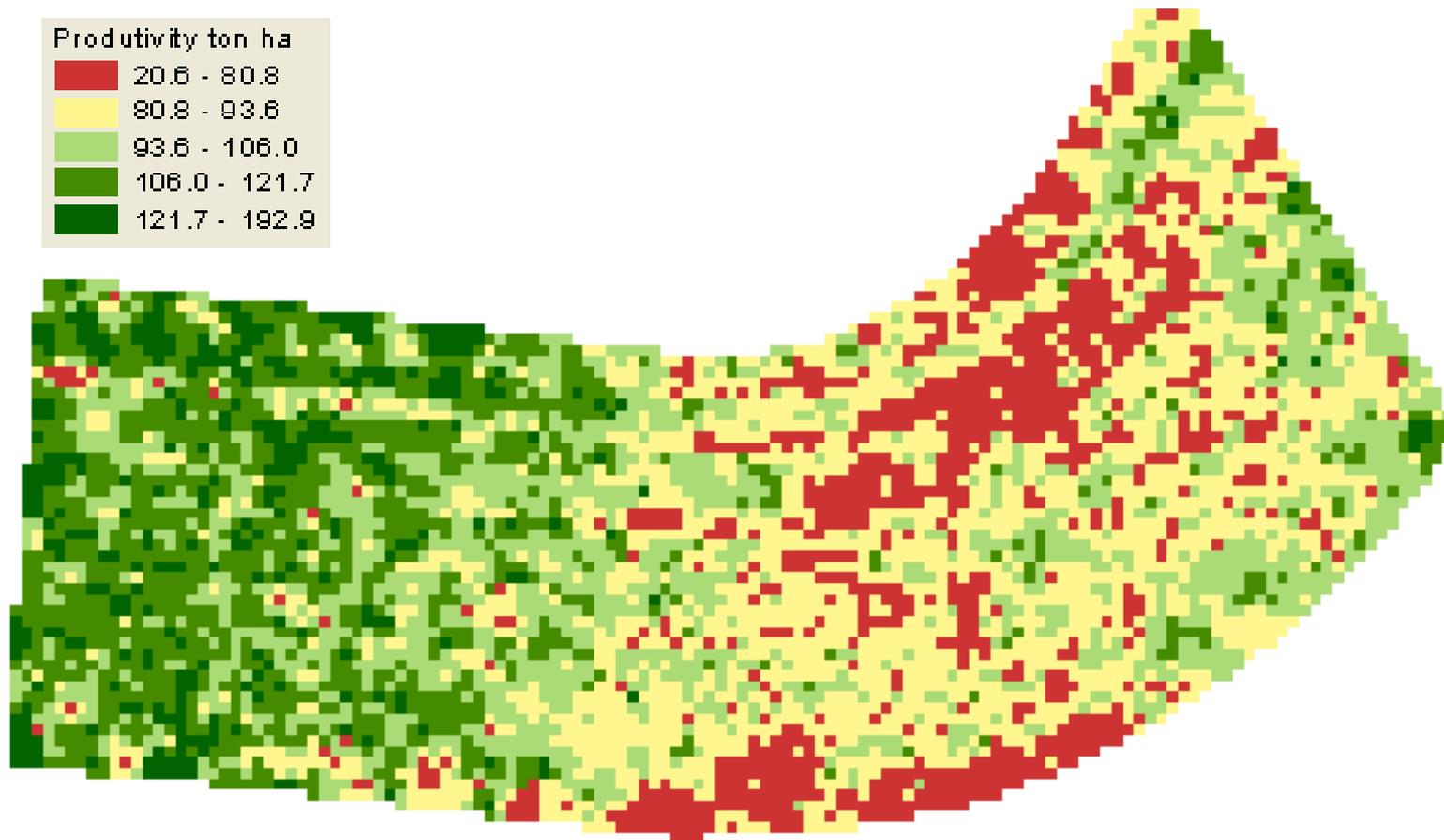


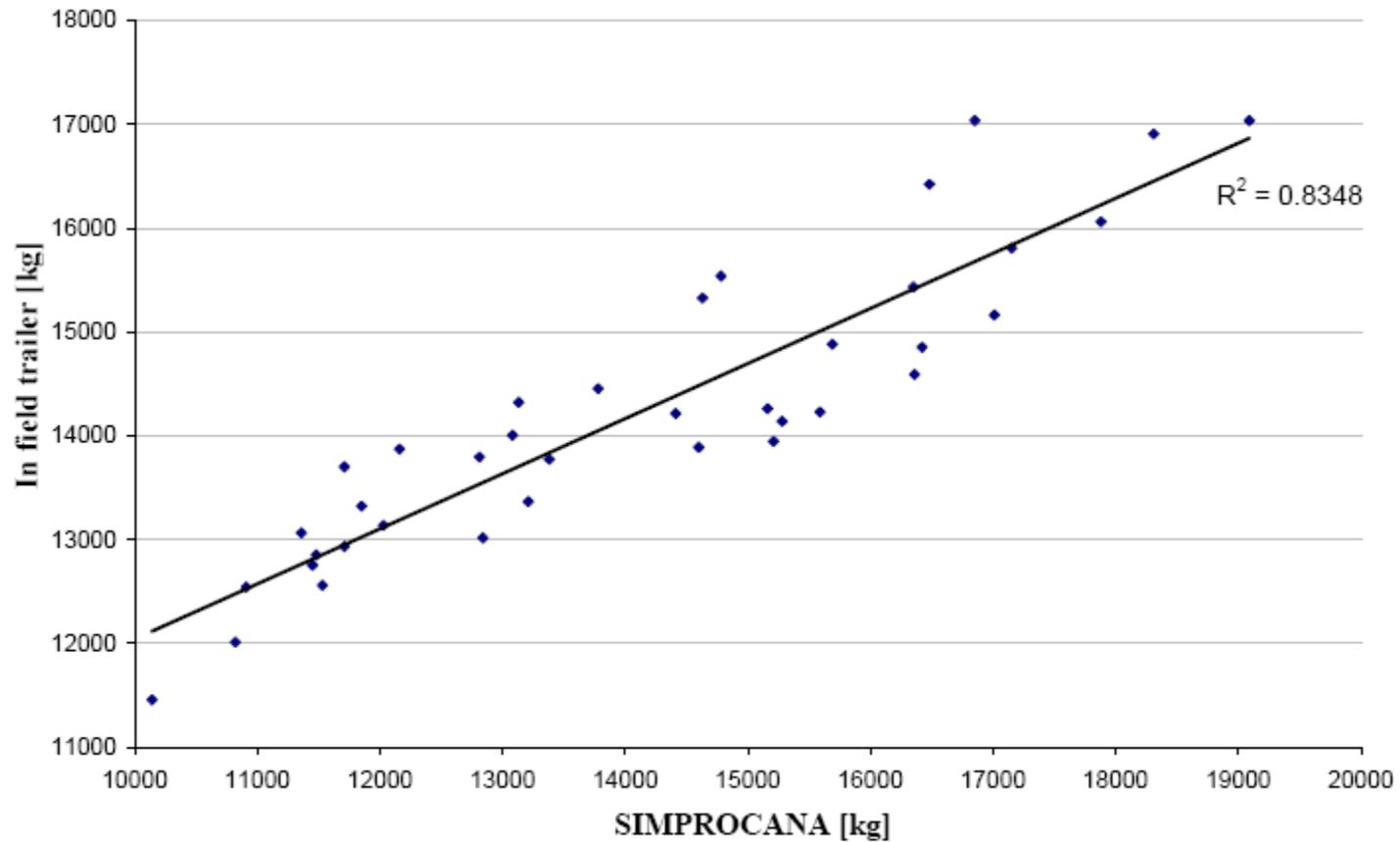
Monitor de produtividade tipo balança





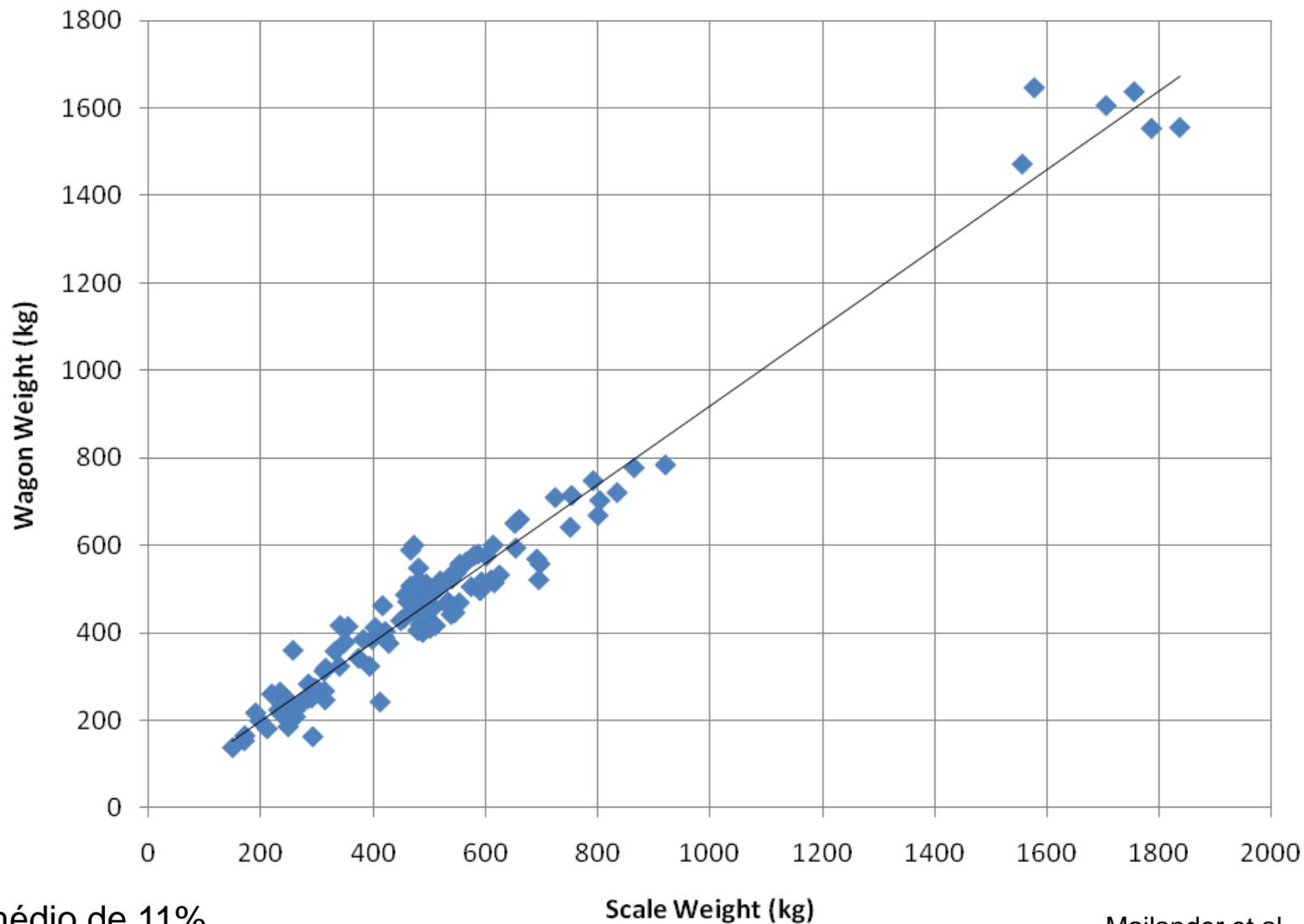
Mapa obtido com monitor de produtividade tipo balança





CERRI & MAGALHÃES, P.G, 2008

Resultado semelhante com outro projeto de balança na Louisiana



Erro médio de 11%

Mailander et al., 2010

26/03/2015 14h05

receber notícias por email | indique esta notícia | tamanho da fonte a- A+

Máquinas

Case IH lança monitor de produtividade

Aparelho fornecerá dados de colheita em tempo real para operador

REDAÇÃO AB



A **Case IH**, da CNH Industrial, lança o **monitor de produtividade**, aparelho destinado a produtores do setor canavieiro que fornecerá aos operadores de colheitadeiras dados em tempo real sobre a colheita. O dispositivo é para uso específico das colhedoras da série A8000.

Projetado especificamente para a cultura de cana-de-açúcar, o monitor irá fornecer informações específicas em mapas de produtividade e será eficiente para análise, manutenção e prevenção da cultura canavieira.

Segundo Fábio Balaban, responsável pelo marketing da Case IH, o produto segue a linha tecnológica da empresa e tem foco na eficiência energética. "Essa é uma tecnologia que gera informações precisas sobre a produção de cada talhão do canavial", conta. De acordo com Balaban, o sistema informa toneladas de cana por hectare, hora ou até por variedade colhida. "Tudo no decorrer da colheita", afirma o executivo.

O sistema utiliza células de carga como instrumento de medição do peso da matéria-prima colhida e mensura também o fluxo de cana que passa pela esteira antes de ser lançada ao



Sistema Case (CNH), novembro 2015

Monitor GreenTronics

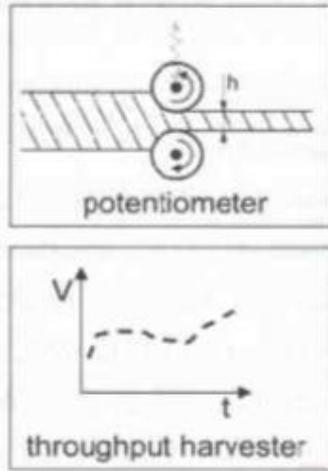


Monitor para tubérculos canadense e comercializado na Austrália para cana

MAGALHÃES, 2016



Uvas viníferas (Califórnia, 2014)



Monitor de produtividade (volumétrico, 2009)

HAPPICH et al., 2009

Tech-Agro (Solinftec)

Yield Map Settings

Algorithm Settings

Exponent: 2 Cell size: 9.5494E-6 deg

Points: 16 Search radius: 5.521E-5 deg

Scheme list

Percentile (%)

Setting type: Value Percentile

Buttons: Add, Del

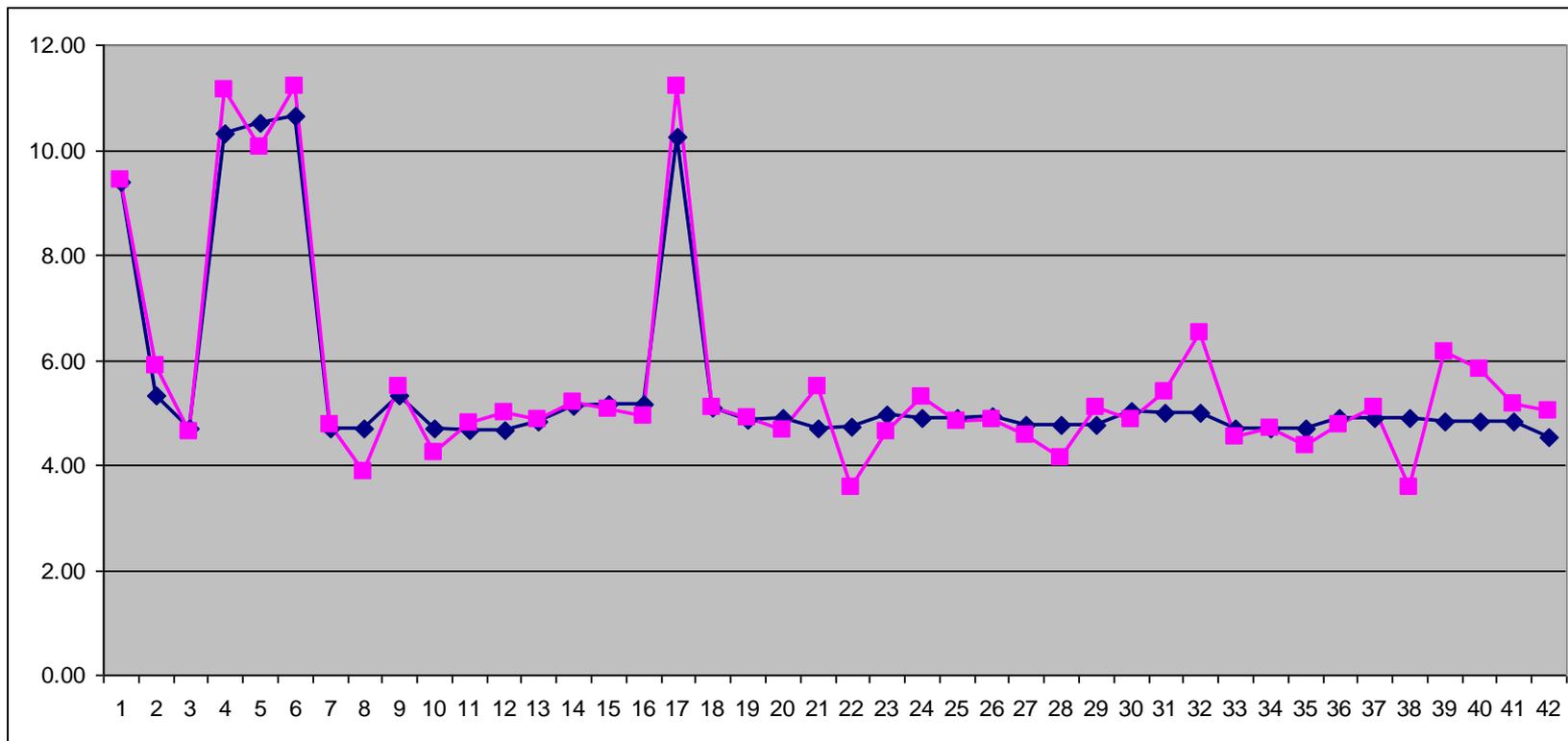
Buttons: Accept, Cancel

Value (Ton/Ha)	Percentile (%)
4.55	10
2.17	20
7.56	30
6.30	40
2.59	50
0.79	60
03.20	70

Report Preview :

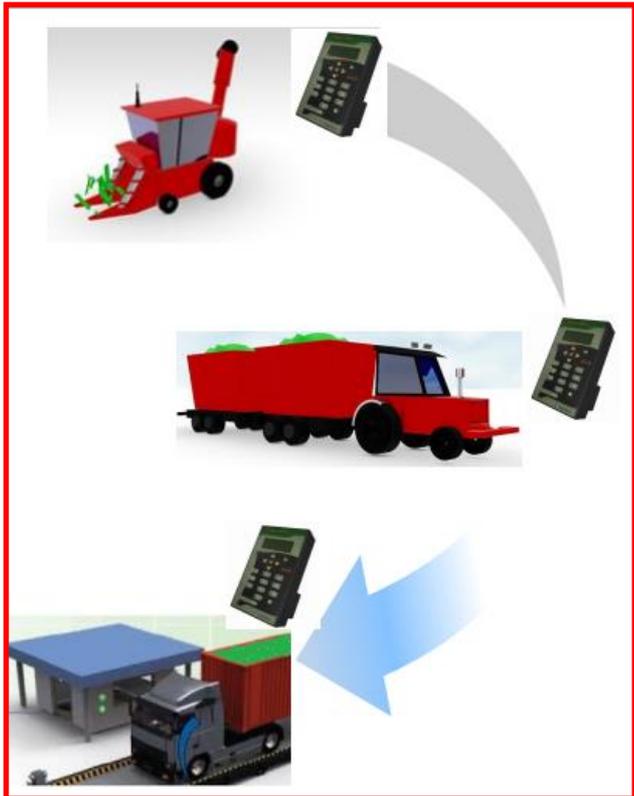
Techagro Tecnología Agroindustrial Ltda.

Reporte por intervalos de rendimiento

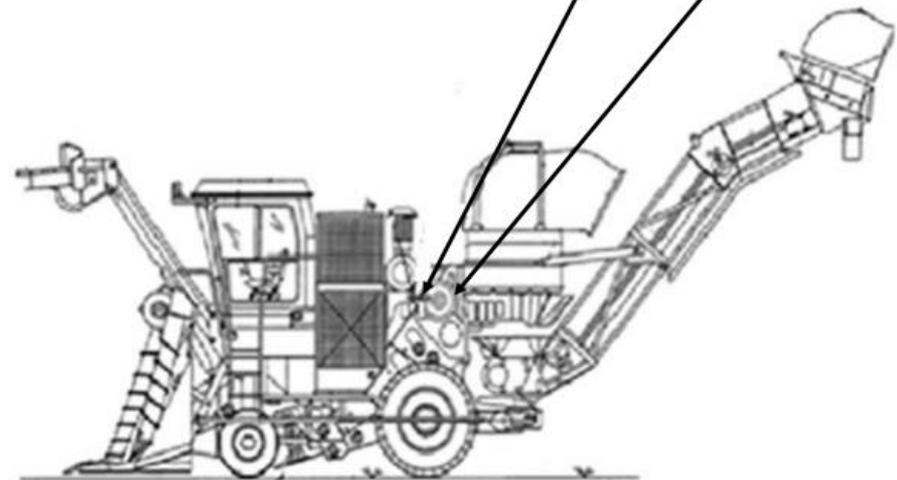


— Estimated bin weights (t)
— Real bin weights (t)

Real (t)	Est.(t)	Diff.	% e.
231.05	234.71	-3.66	-1.58



Sensores pressão hidráulica
circuito entrada e saída do picador





Agrishow 2017

Citros



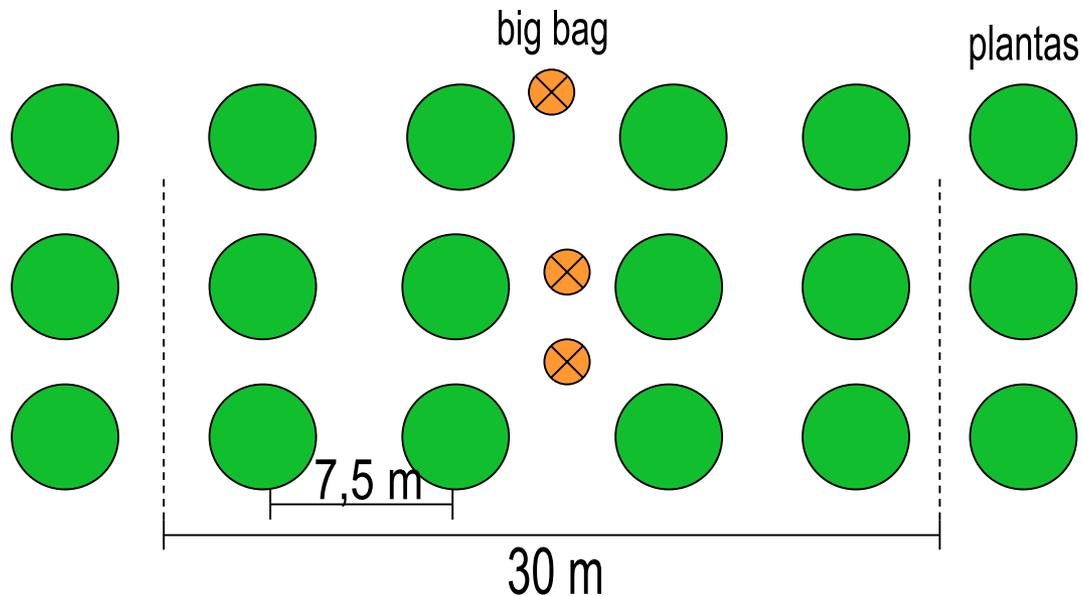
A COLHEITA

- Sacolão de aproximadamente 600 kg
- Descarregados em veículo de transporte



DISTRIBUIÇÃO DA EQUIPE DE COLHEITA

- Largura da faixa de colheita é fixa dentro do sistema das empresas;
 - Largura variável entre as empresas consultadas (4 ou 6 fileiras de plantas com uma banca central).
- 4 linhas com espaçamento de 7,5 metros, totalizando largura de 30 m





APONTAMENTO

- Determinação da quantidade de frutas colhidas pelo colhedor para a remuneração do seu serviço;
- Régua com marcações (estimativa de volume)



Coletores



Mapeamento de uma gleba

- Área 15,89 ha
- Laranja “Valência”;
- Espaçamento de 3,5 m X 7,5 m;
- Idade do pomar: 14 anos.



COLETA DE DADOS

- Georreferenciamento dos sacolões de colheita

→ GPS Trimble

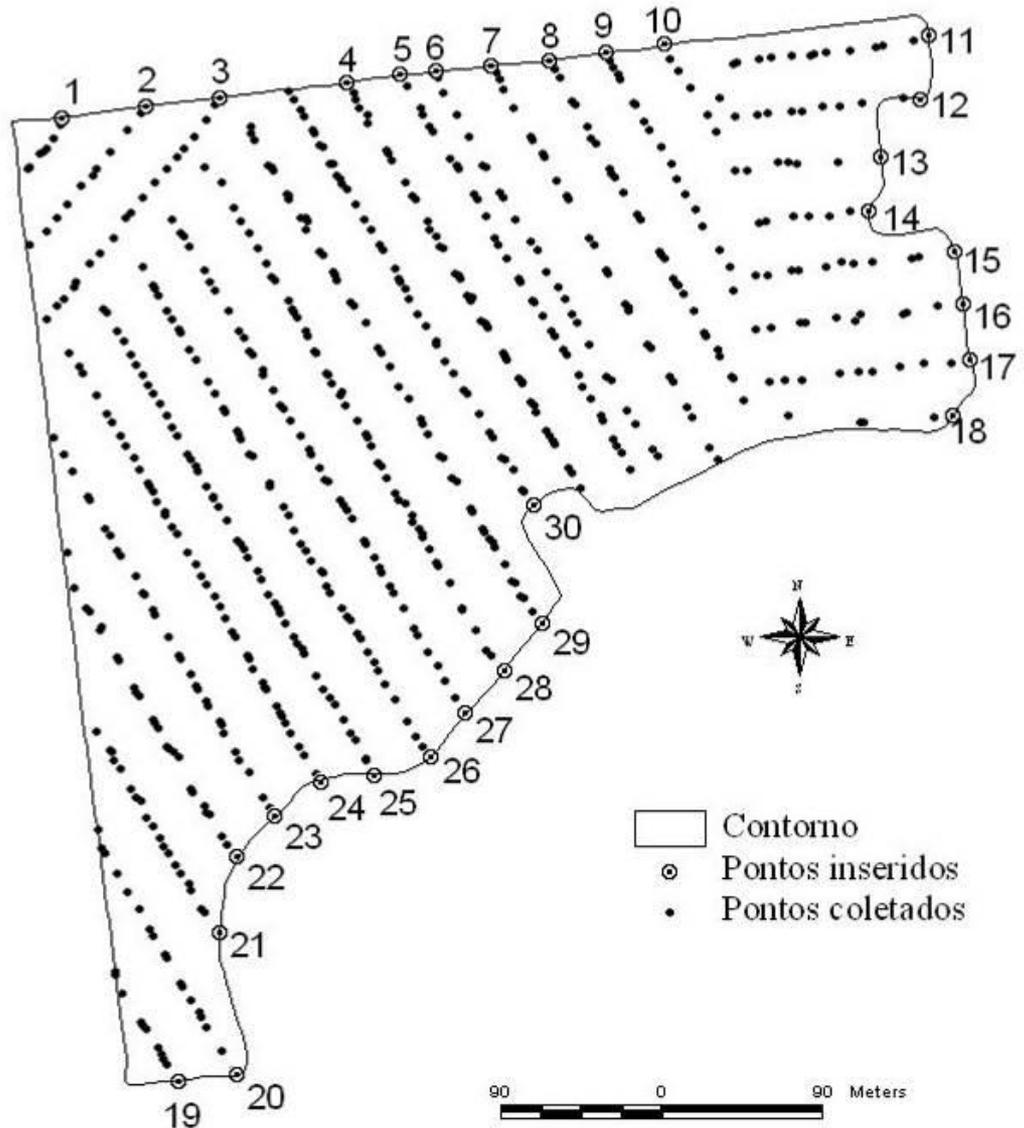


- Estimativa e coleta dos dados de massa dos sacolões

→ TriPC



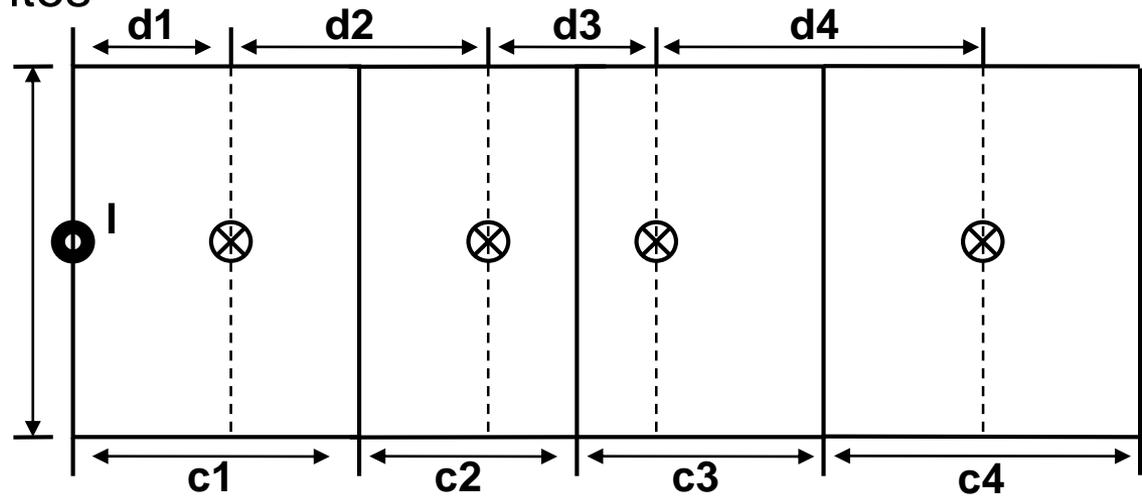
- Mapa de visualização dos 683 pontos (sacolões) coletados;
- Numeração das 30 bancas de colheita.



MOLIN & MASCARIN, 2007

ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

- Coordenadas UTM
- Cálculo de distâncias
- Cálculo dos comprimentos (meias-distâncias)



● Ponto inicial inserido na borda da quadra

⊗ Ponto georreferenciado do sacolão

d – Distância entre pontos

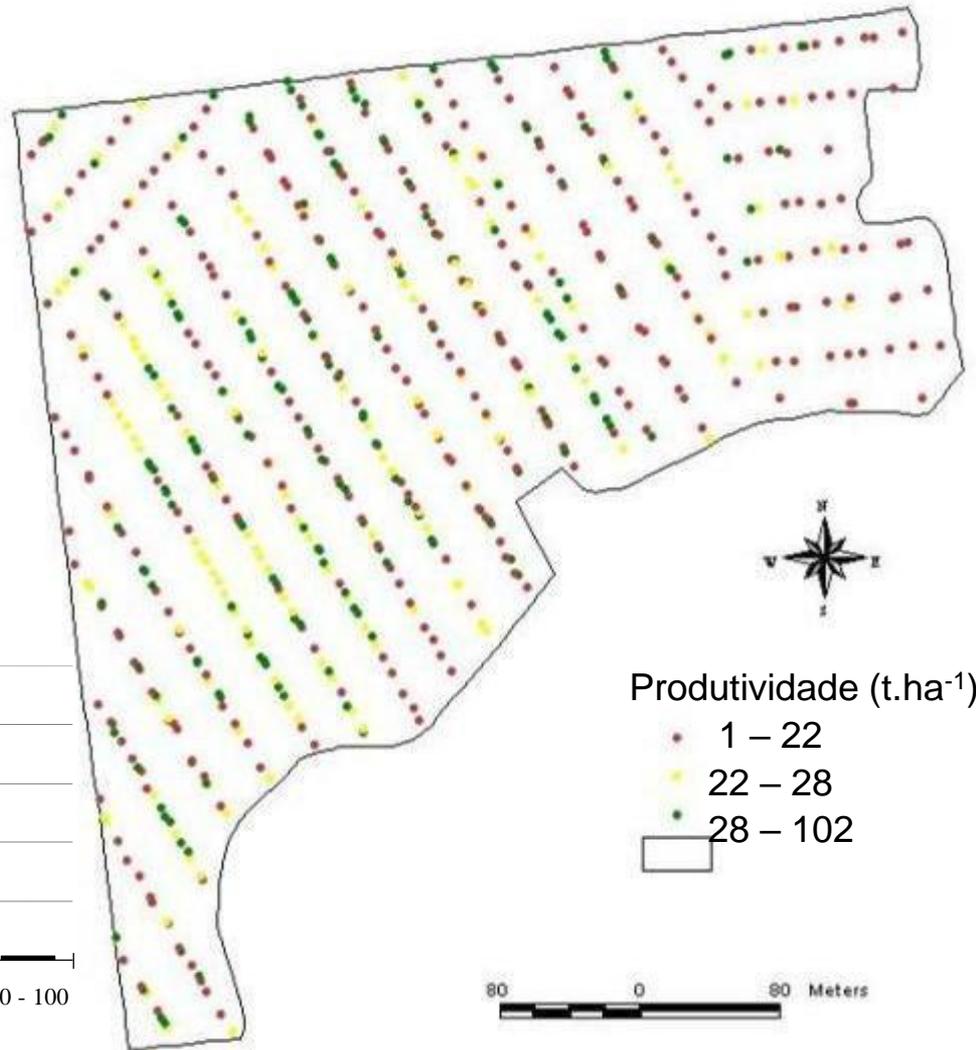
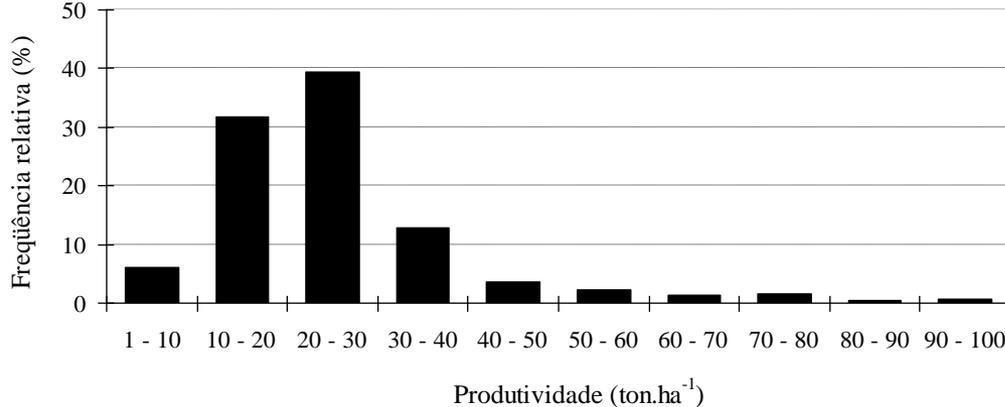
c – Comprimento da célula

l – Largura da célula

MOLIN & MASCARIN, 2007

Produtividade: produção do ponto obtida pelo apontamento área de representação calculada

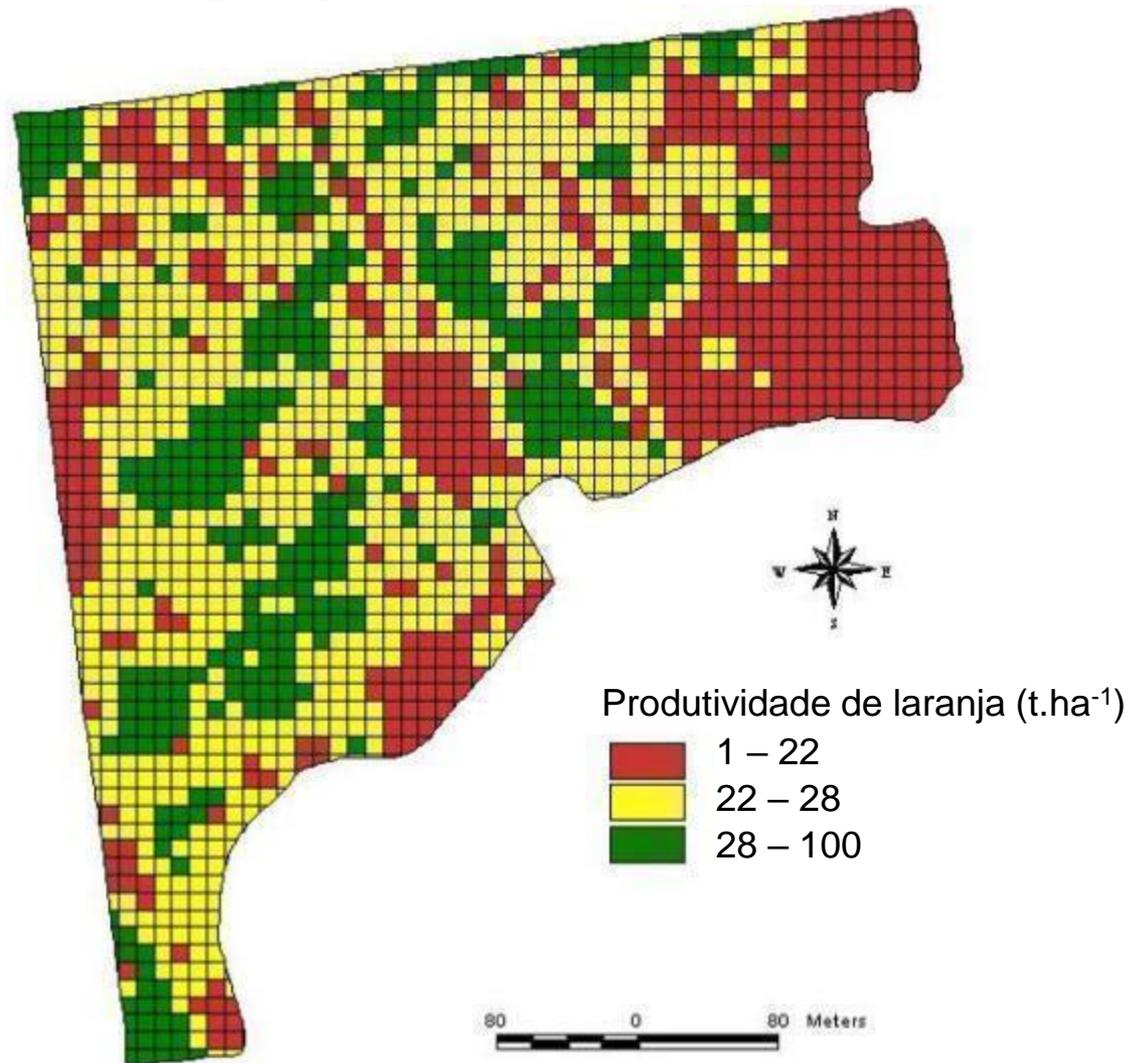
Produtividade média – 25,3 t ha⁻¹



MOLIN & MASCARIN, 2007

MAPA DE PRODUTIVIDADE

- Interpolação dos pontos;
- Mapa de superfície;
- Regiões de produtividade diferenciada;



MOLIN & MASCARIN, 2007

Aferição dos apontamentos

- Determinar o nível de acerto e confiabilidade da estimativa de massa dos sacolões através da mensuração de seu volume, realizada pelo responsável de colheita;
- Pesagem de uma população de sacolões:
 - 2 equipes de colheita com responsáveis distintos
 - 65 sacolões cada
 - 130 sacolões totais
- Realização da estimativa simultaneamente à pesagem.

PESAGEM

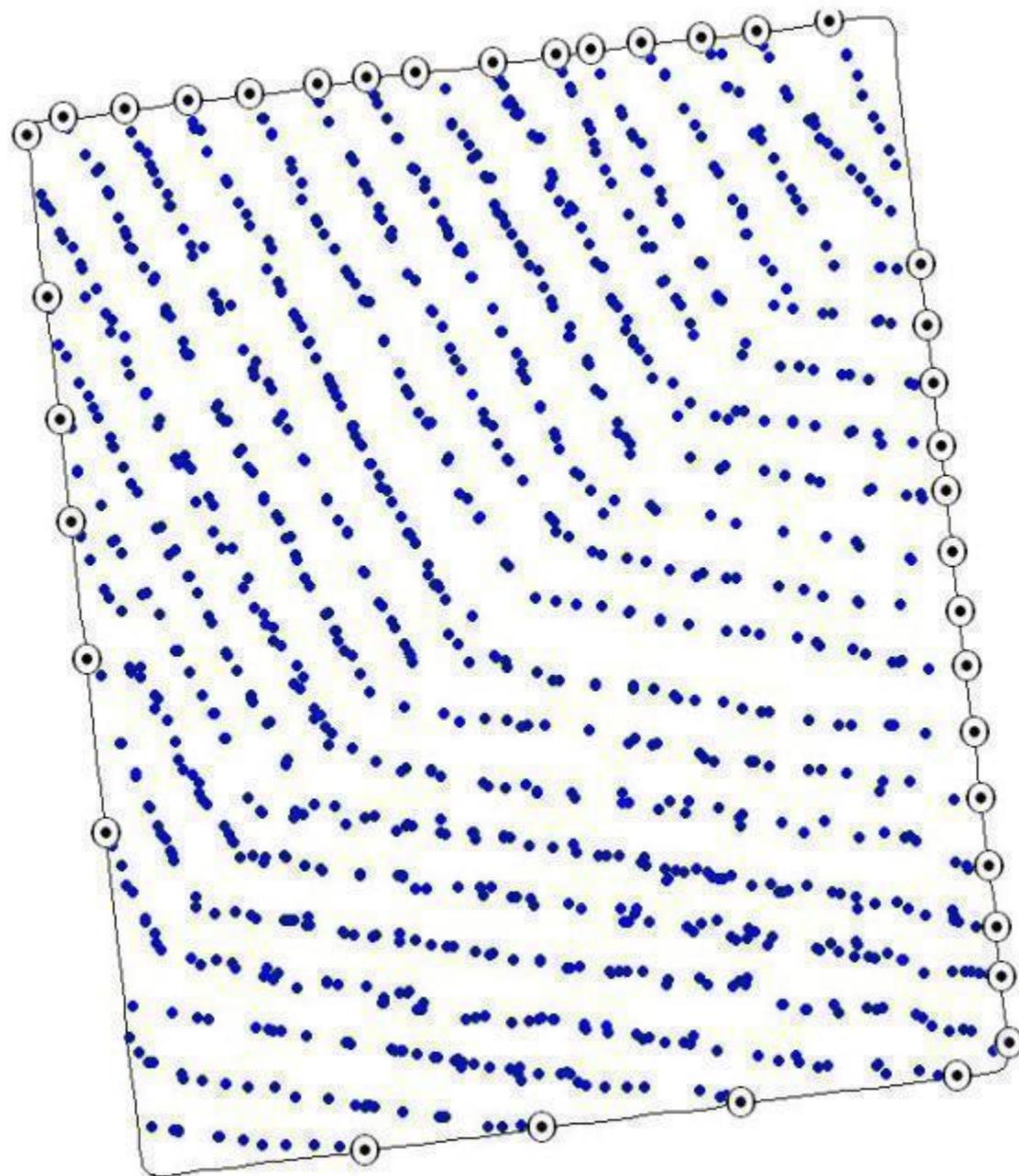
- Célula de carga;
- Guincho agrícola.



DESVIO DO APONTAMENTO

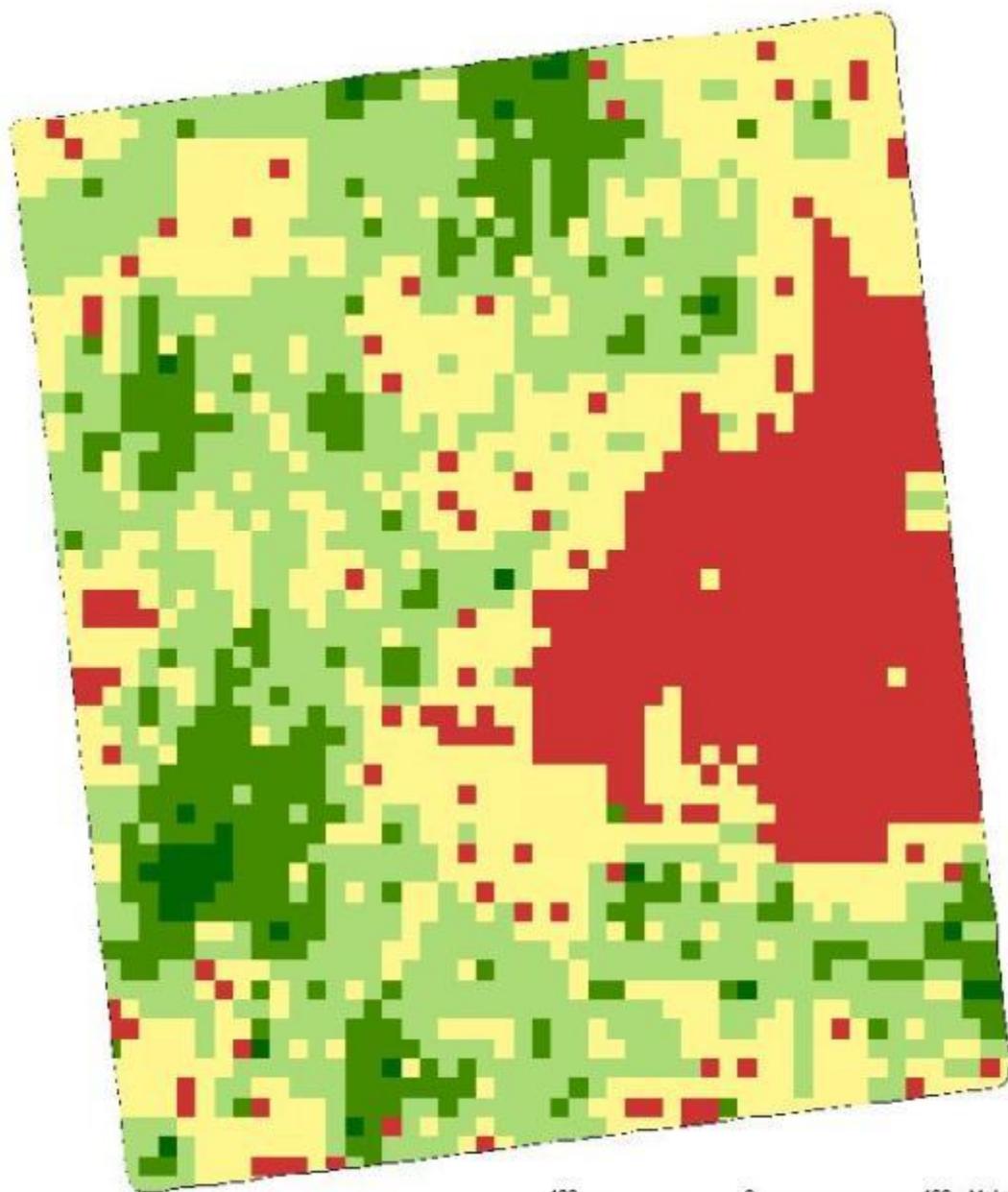
		Apontamento (kg)	Célula de Carga (kgf)	Diferença (kg)
	Média aritmética	540,69	559,95	-19,25
Equipe 1	CV (%)	26,03	26,55	
	Soma	35.145	36.396	-1.251 (3,42 %)
	Média aritmética	560,15	582,87	-22,71
Equipe 2	CV (%)	23,98	22,29	
	Soma	36.410	37.886	-1.476 (3,89 %)

Quadra 502; 08 (26.2 ha.)

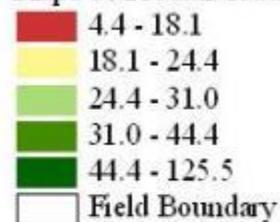


- Pontos iniciais
- Big Bags
- Field Boundary

Quadra 502; 08 (26.2 ha.)



Mapa de Produtividade

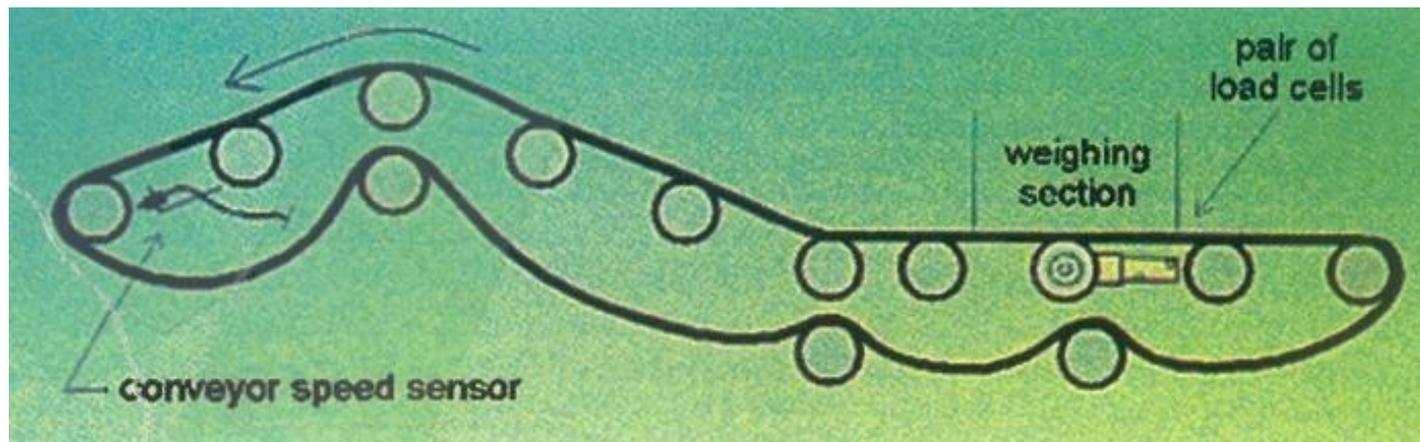
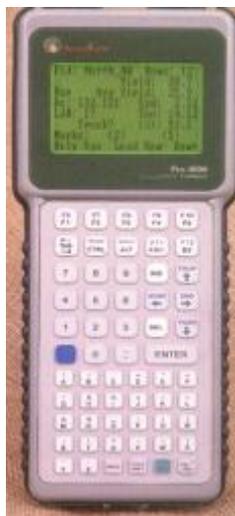


100 0 100 Meters

Raízes, tubérculos e outros...



Fluxo em esteira (tomate, beterraba, batata, etc...)



RiteYield – Yield Monitor

Yield Monitor for Vegetable Harvesters.

Collect yield data for root & vegetable crops.

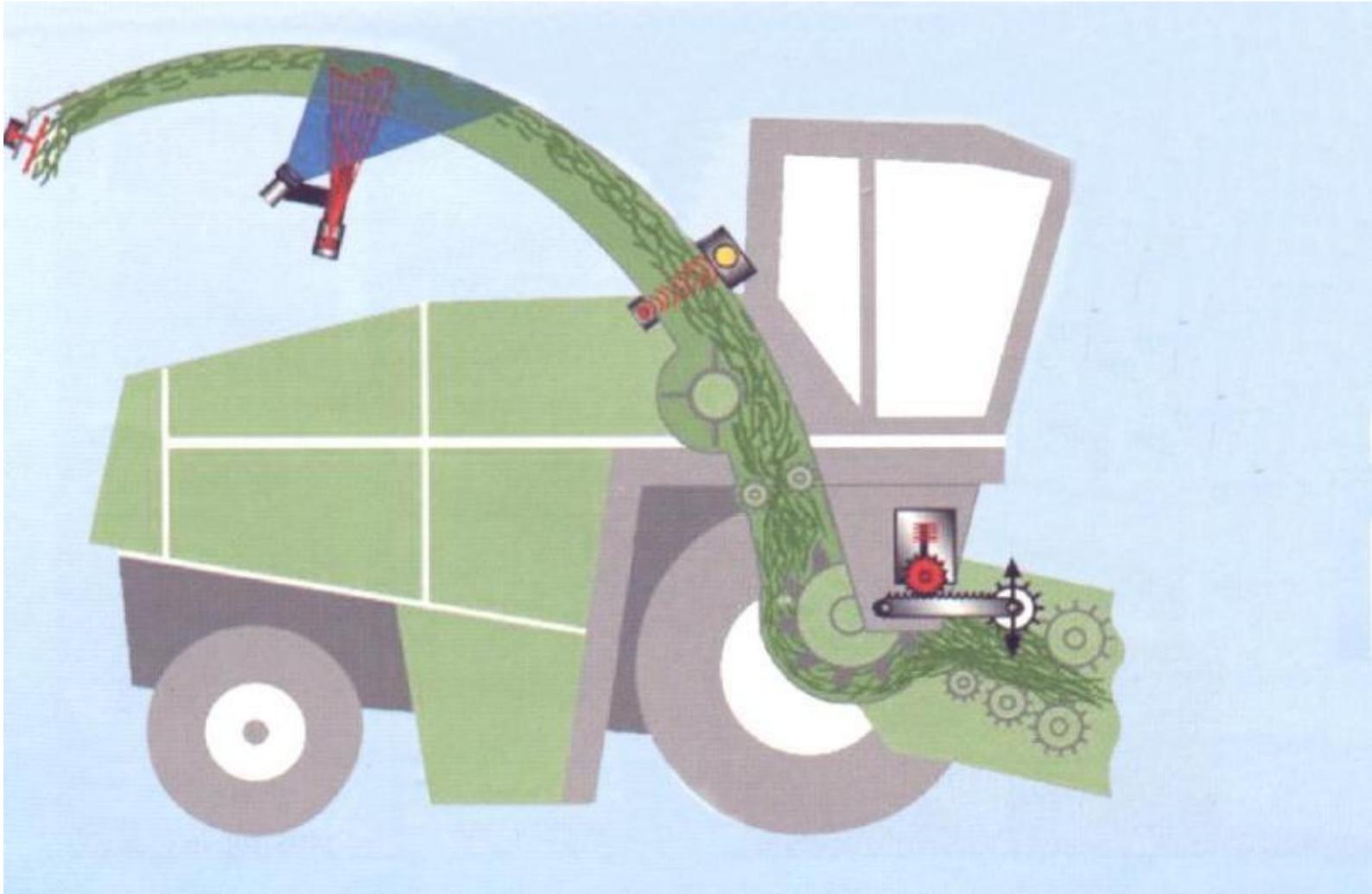


greentronics.com

Forragem



Princípios de funcionamento para monitores de produtividade de forragem



HarvestLab – John Deere



Outros semelhantes:

Mede umidade do material por NIR (espectroscopia)



Class – mede por eletrocondutividade mais temperatura



Krone - mede por eletrocondutividade

Limpeza de dados em arquivo de colheita

Otimizar a qualidade dos mapas



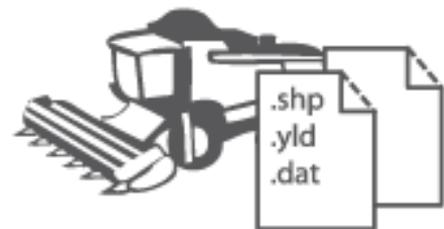
Capture todo el valor que arroja su cosecha

Mapas de rendimiento

“GeoAgro Servicios procesa todo tipo de archivos de rendimiento y le entrega los mapas listos para ser interpretados”



1



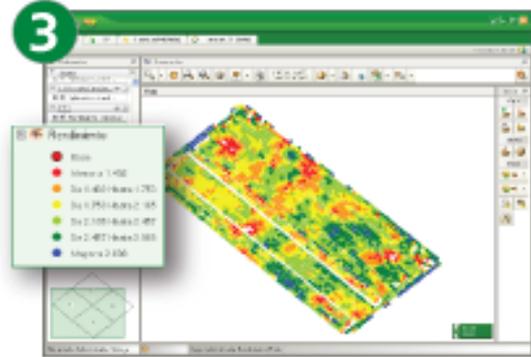
EL CLIENTE ENVIA POR MAIL LOS ARCHIVOS GENERADOS POR EL MONITOR DE RINDE (.yld, .shp, .dat, .txt, etc)

2



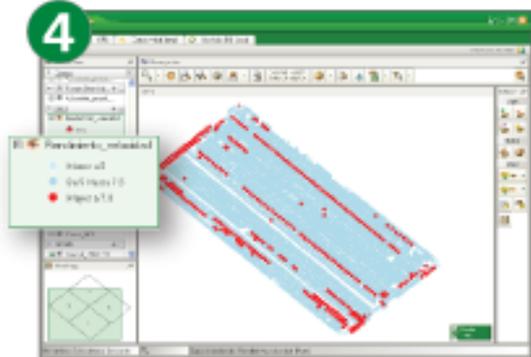
GEOAGRO ORDENA LA INFORMACIÓN RECIBIDA Y REALIZA UNA DEPURACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS.

3



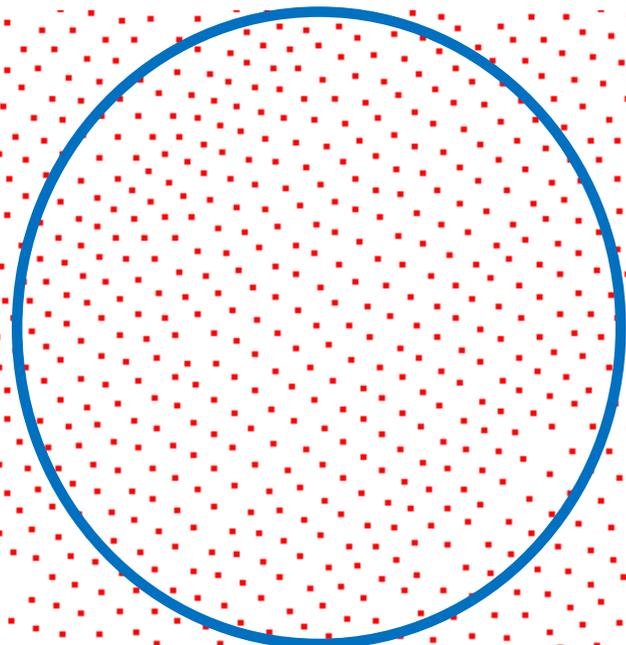
SE CONFECCIONA EL MAPA, QUE REPRESENTA CON DIVERSOS COLORES LA VARIACIÓN EN LA MASA DE RENDIMIENTO DEL LOTE. POR CADA MAPA PROCESADO SE ENTREGAN 3 CAPAS: PUNTOS, GRILLAS Y POLÍGONOS.

4



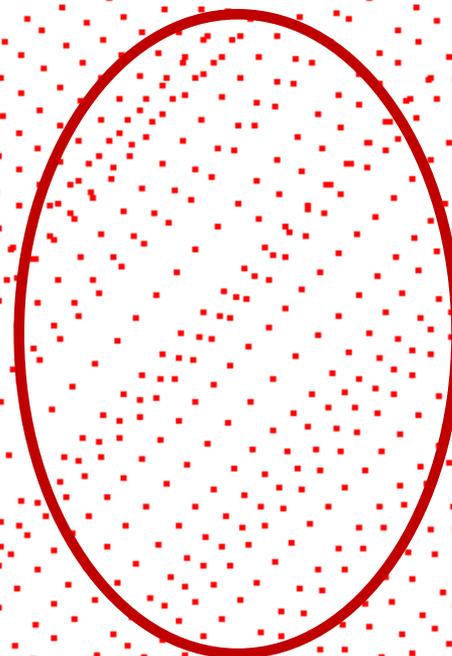
MODIFICANDO LA SIMBOLOGÍA DEL MAPA DE RENDIMIENTO, ES POSIBLE CONFIGURAR MAPAS DE VELOCIDAD, DE HUMEDAD, ETC.

Pontos mal posicionados dentro do talhão



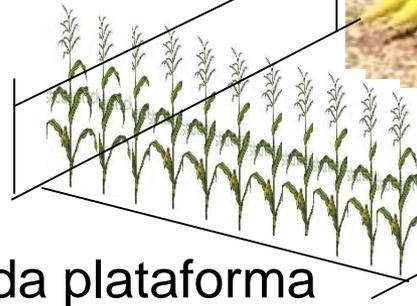
Pontos bem distribuídos

Pontos mal distribuídos e
desalinhados com (pequenos)
erros de posicionamento



Erros na largura de corte

Distância percorrida pela máquina no tempo de coleta (geralmente 1 a 3 s)

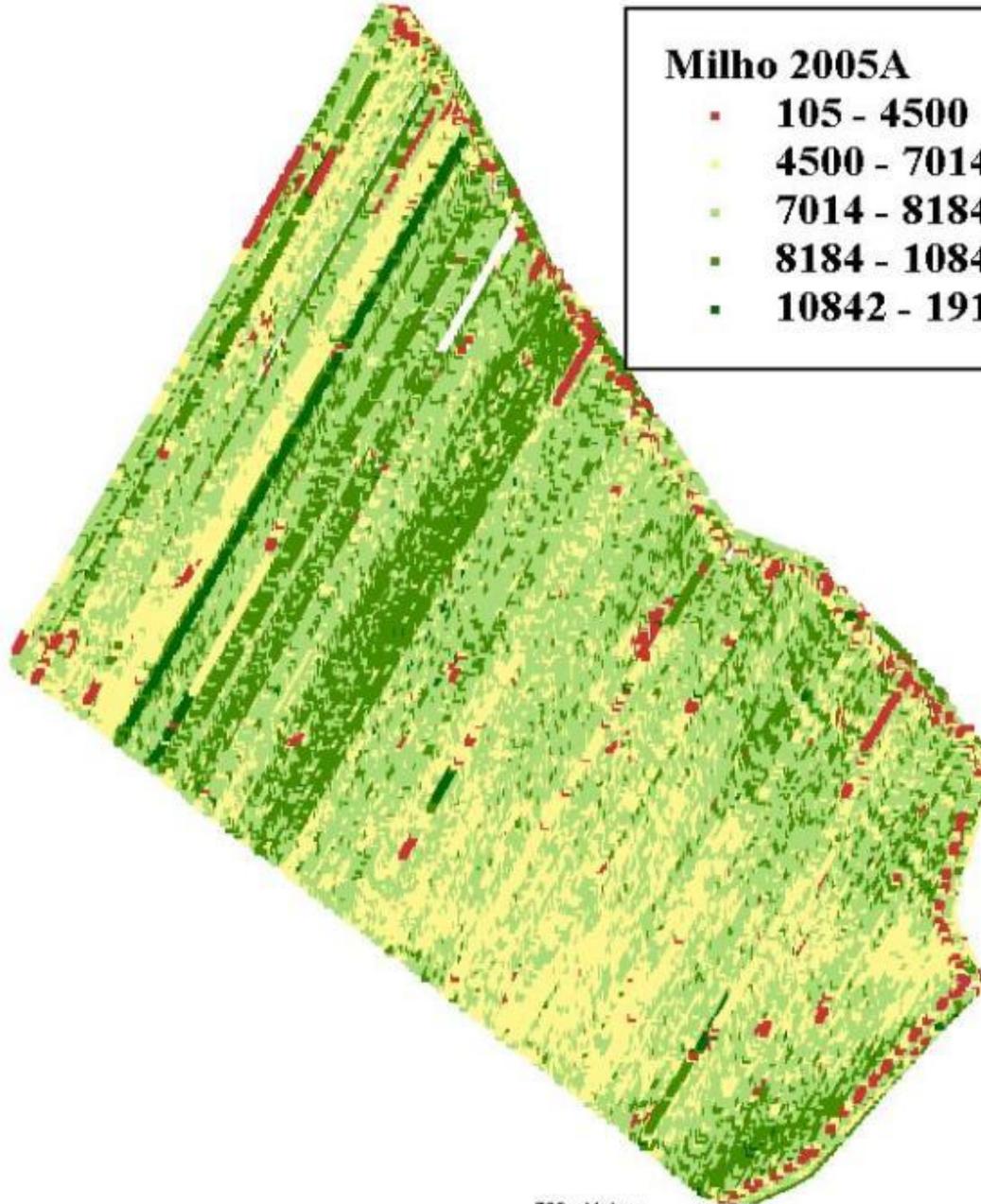


Largura da plataforma

O operador comanda boa parte da qualidade dos dados coletados

Milho 2005A

- 105 - 4500
- 4500 - 7014
- 7014 - 8184
- 8184 - 10842
- 10842 - 19157

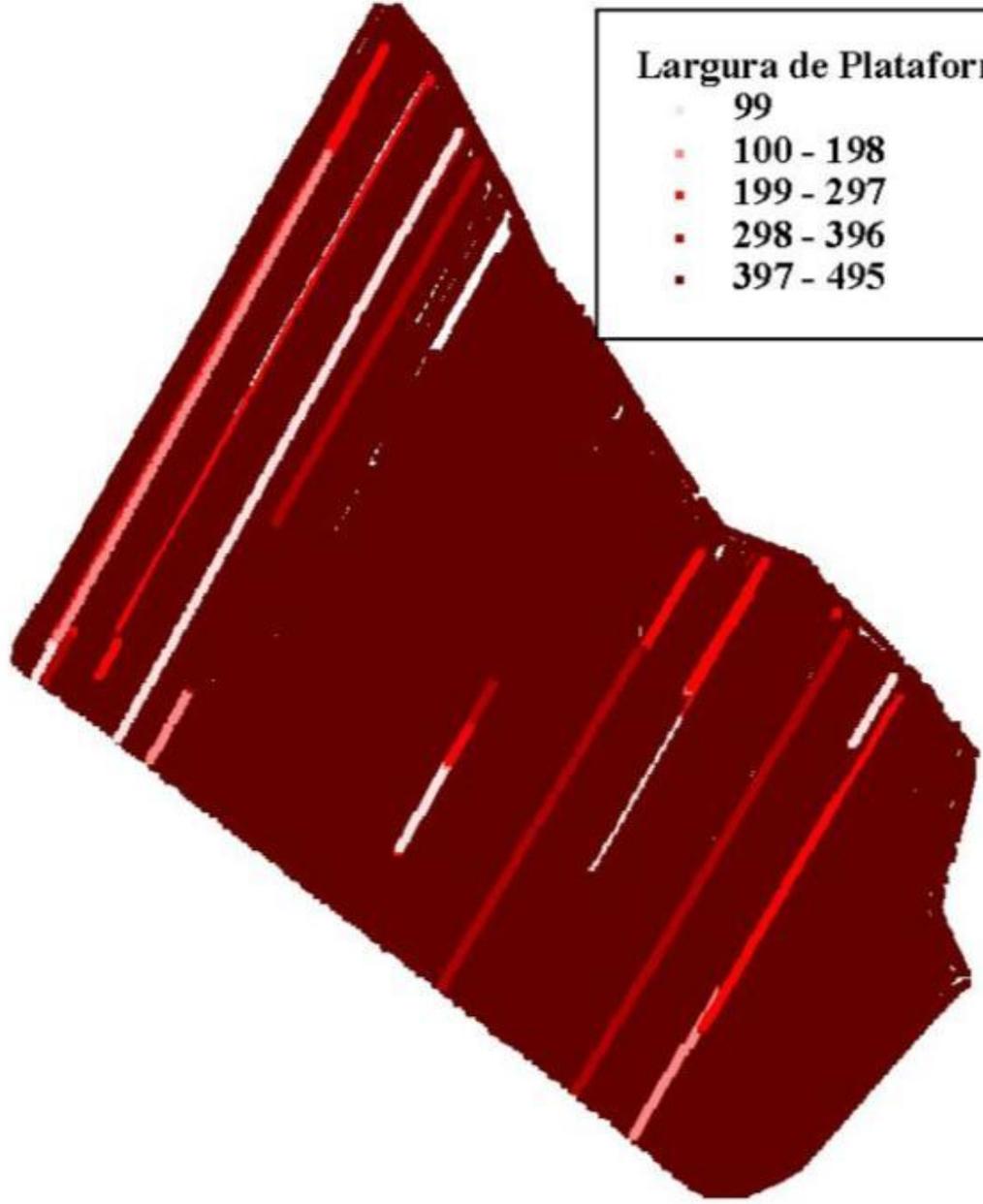


0 700 Meters

1:7920

Largura de Plataforma

- 99
- 100 - 198
- 199 - 297
- 298 - 396
- 397 - 495



0 700 Meters

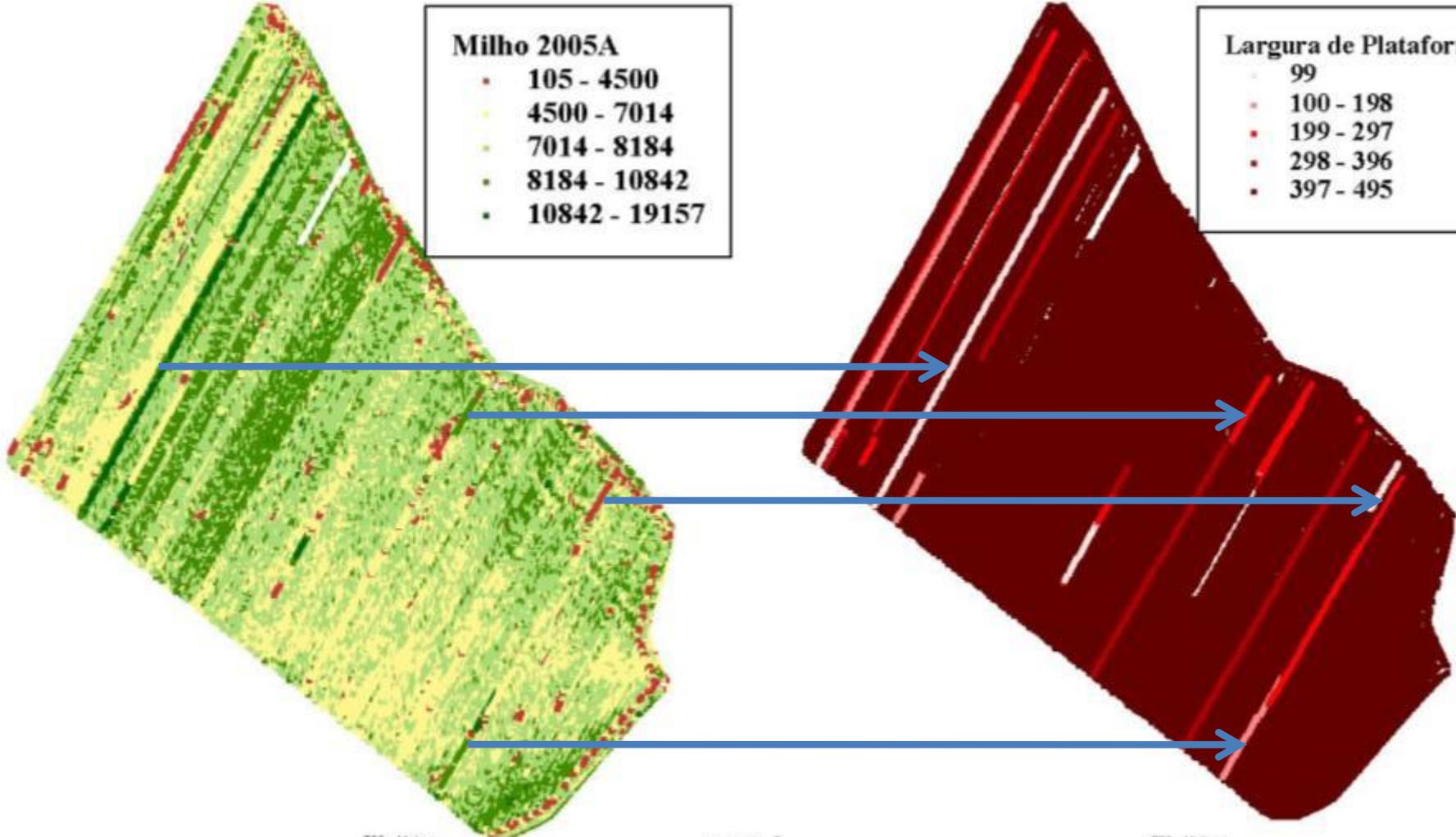
1:7920

Milho 2005A

- 105 - 4500
- 4500 - 7014
- 7014 - 8184
- 8184 - 10842
- 10842 - 19157

Largura de Plataforma

- 99
- 100 - 198
- 199 - 297
- 298 - 396
- 397 - 495

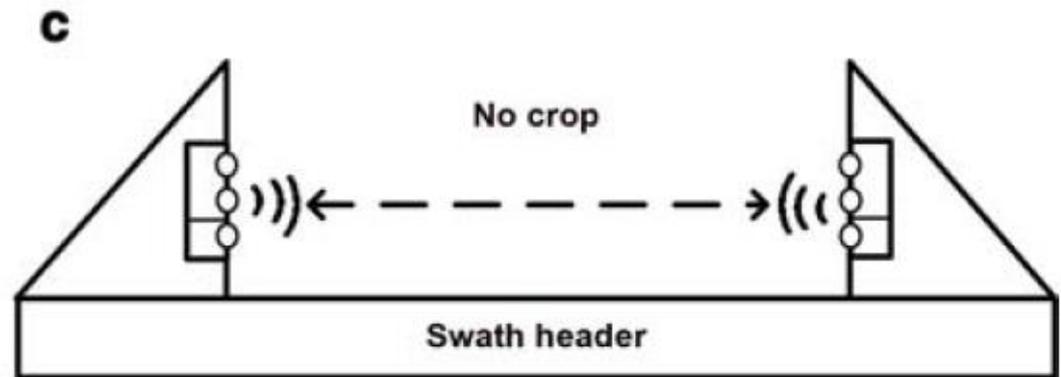
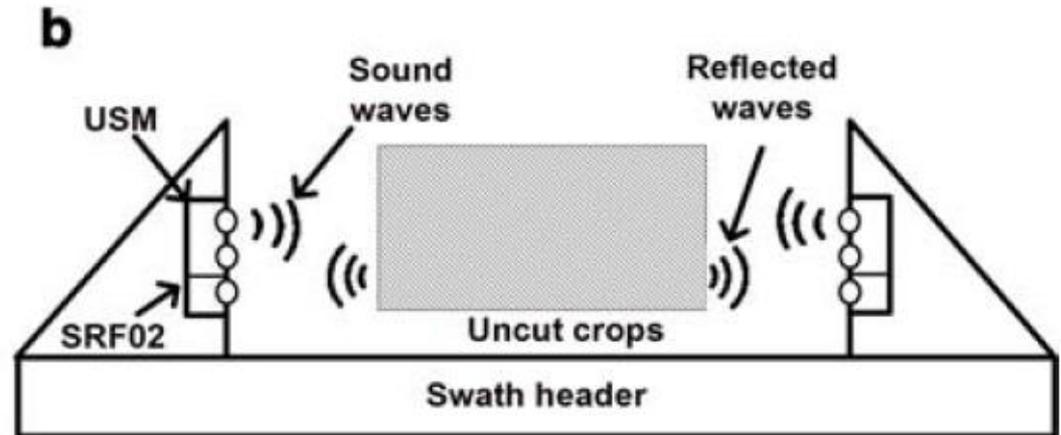
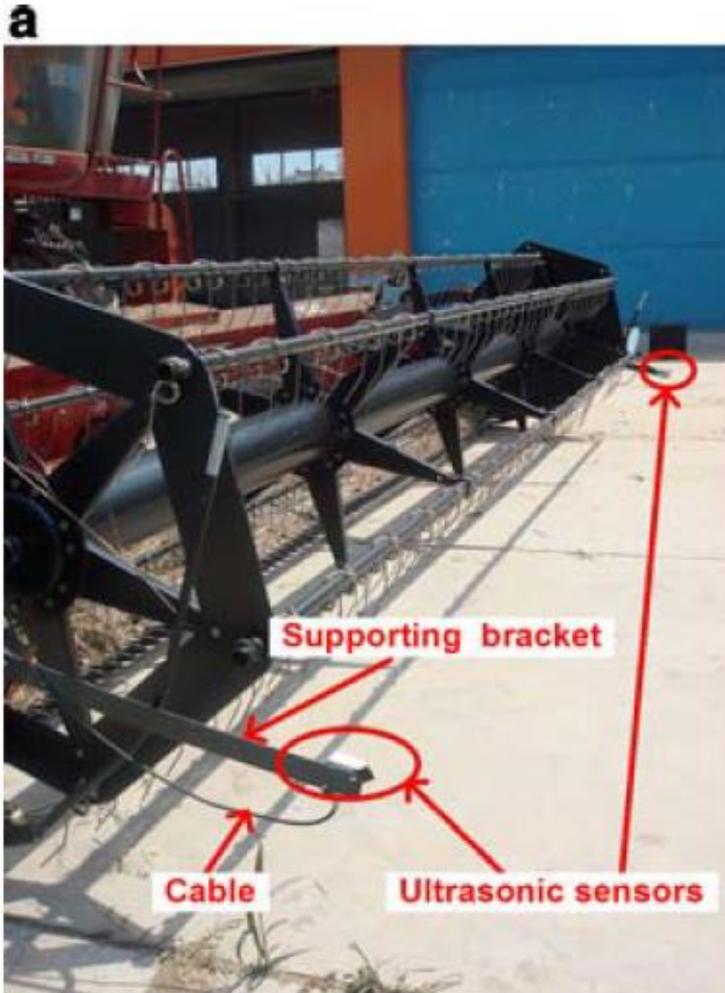


0 700 Meters

1:7920 0 700 Meters

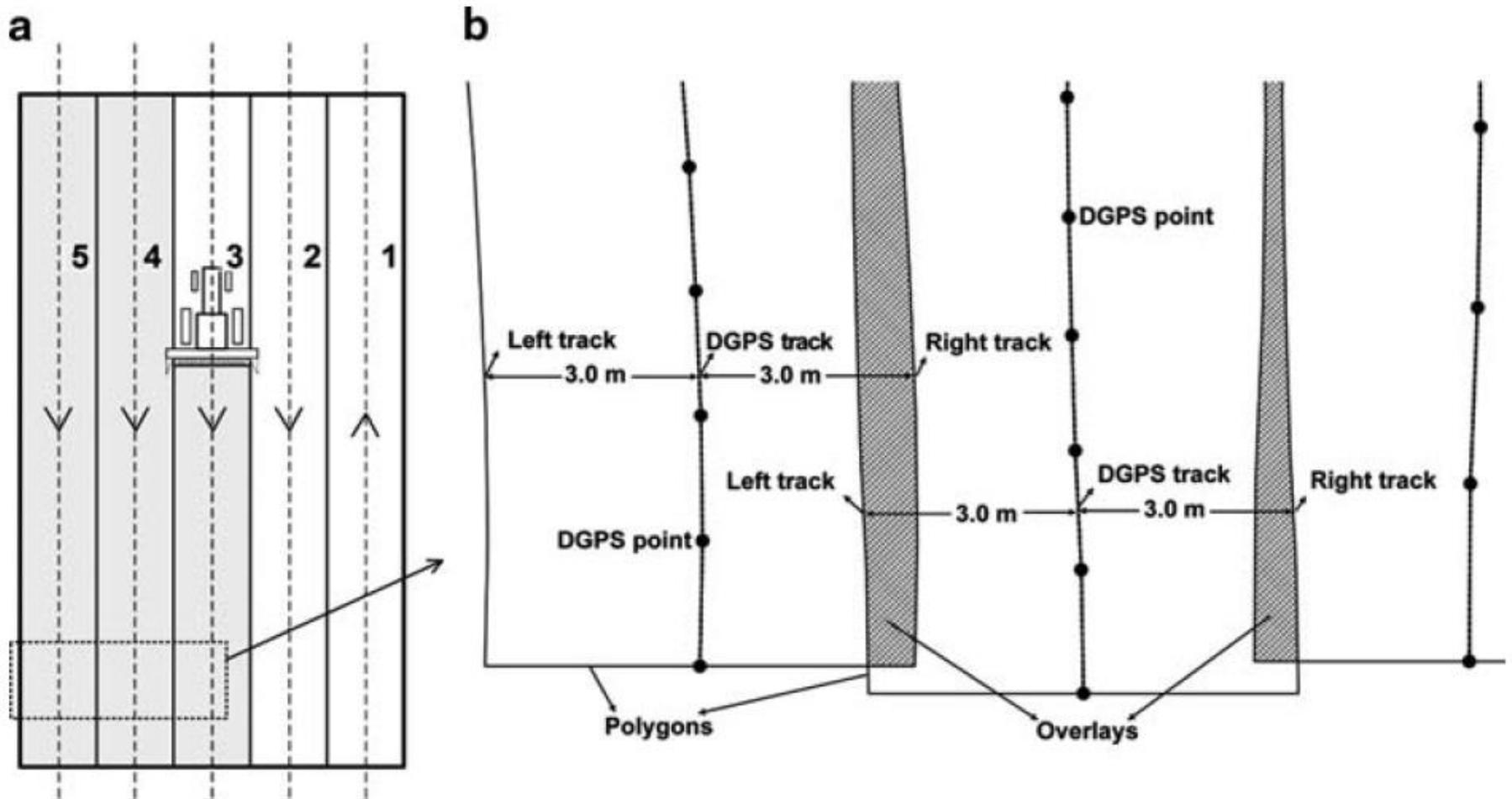
1:7920

Ultrassom para medir largura de corte



Zhao et al (2010)

Ultrassom para medir largura de corte

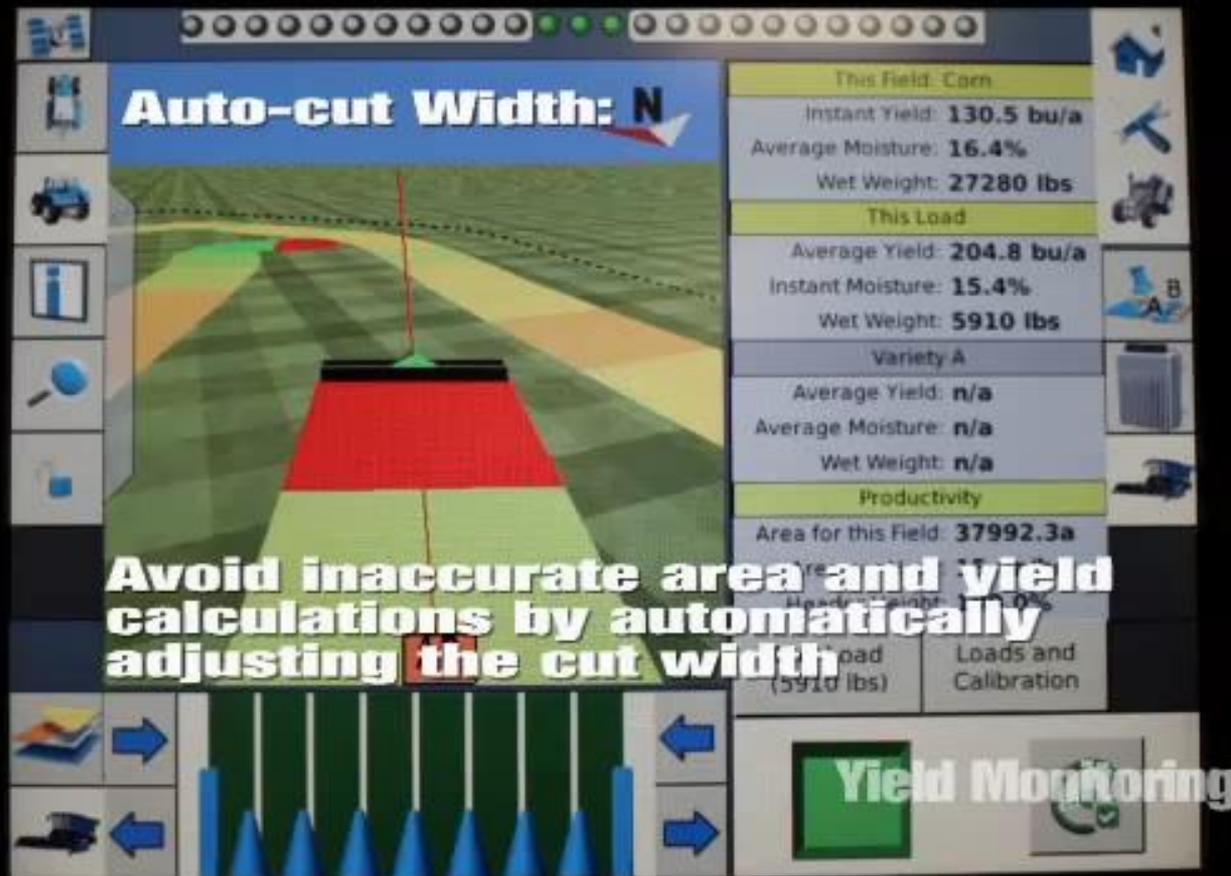


Zhao et al (2010)

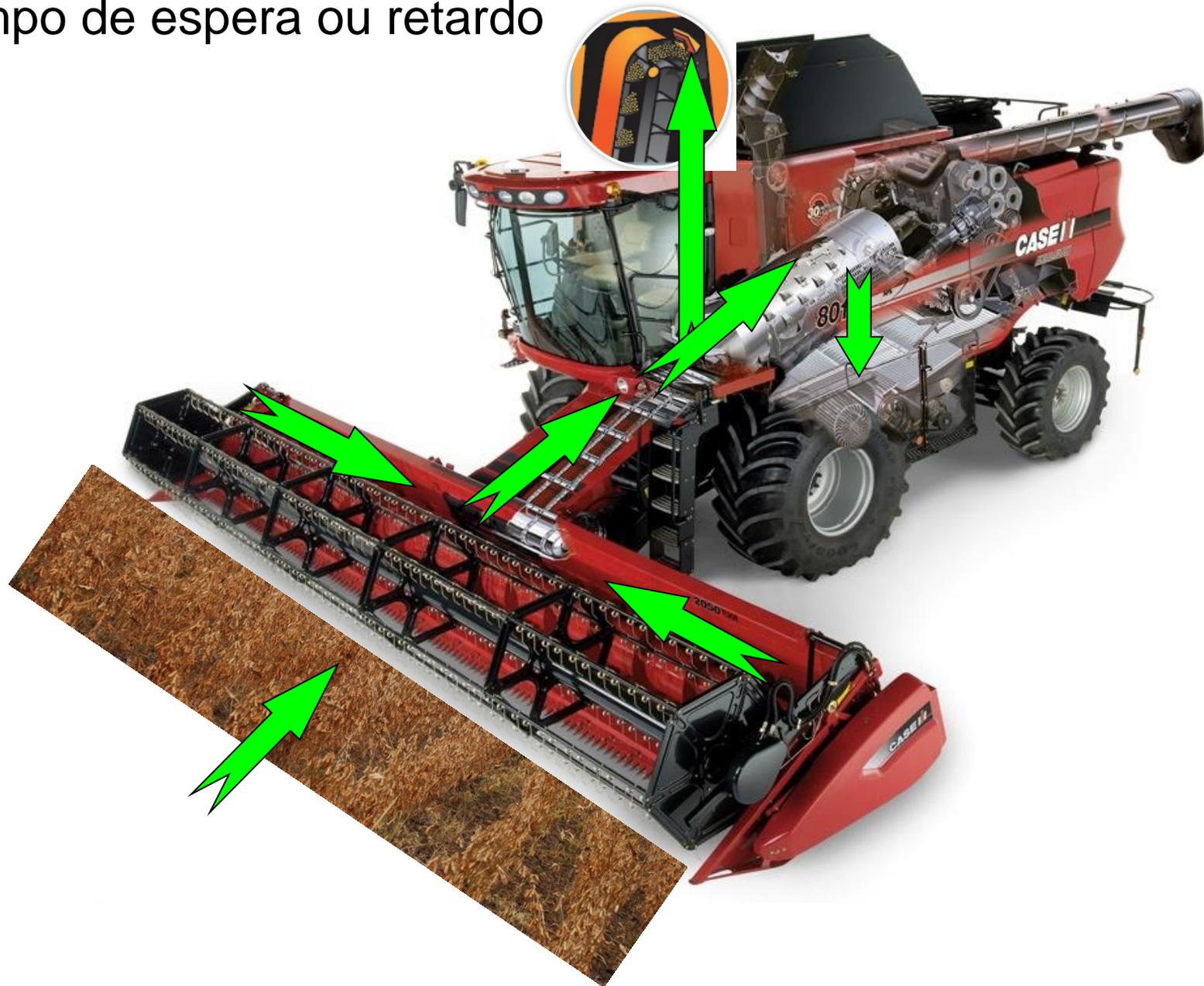
Ajuste automático da largura de corte via GNSS

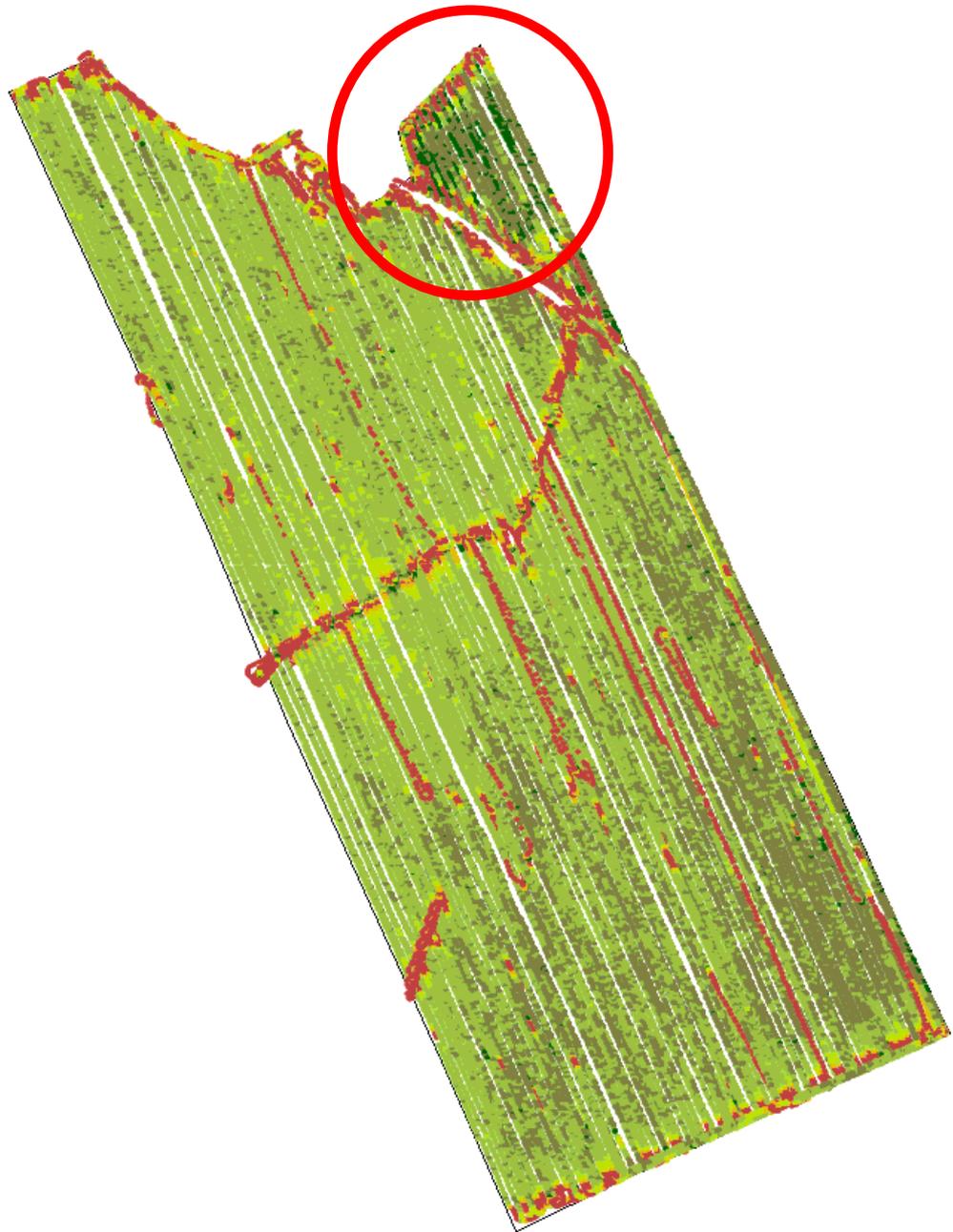


AgLeader



Tempo de espera ou retardo

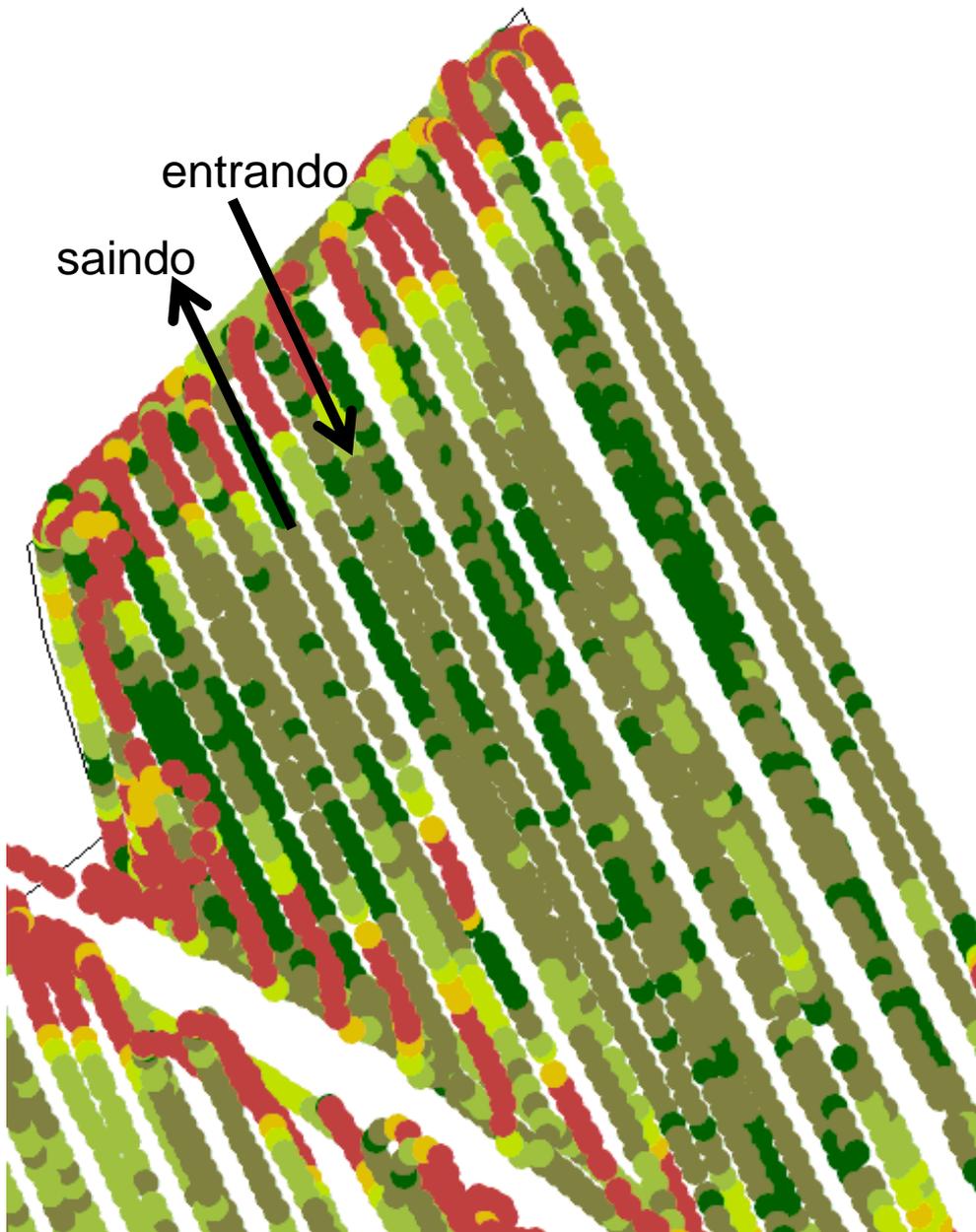




Milho (kg/ha)

- 0 – 1500
- 1500 – 3000
- 3000 – 4500
- 4500 – 6000
- 6000 – 7500
- 7500 - 10000

Tempo de enchimento

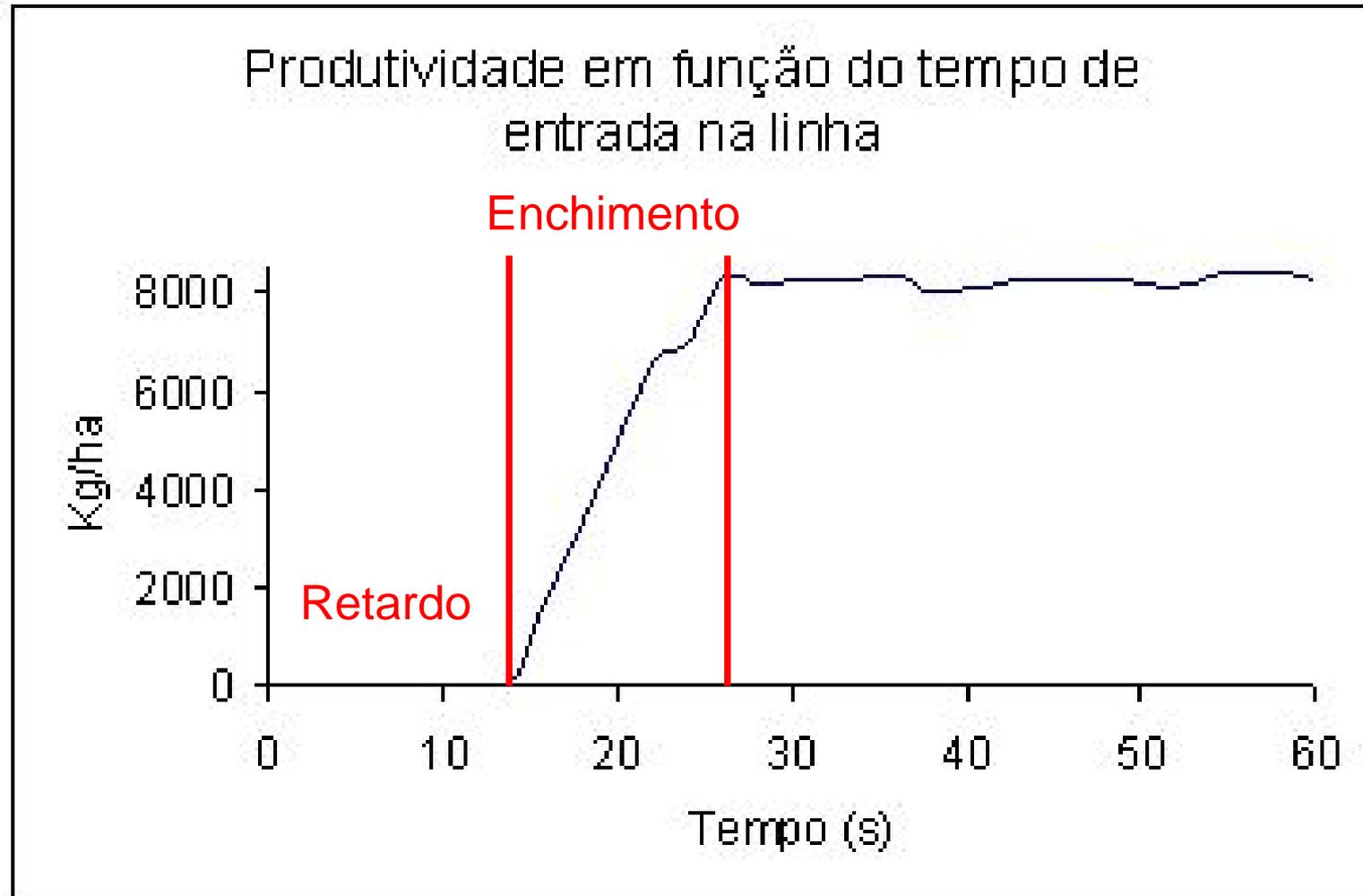


Milho (kg/ha)

- 0 – 1500
- 1500 – 3000
- 3000 – 4500
- 4500 – 6000
- 6000 – 7500
- 7500 - 10000

Tempo de enchimento

Tempo de retardo e tempo de enchimento



Métodos de remoção de dados errôneos

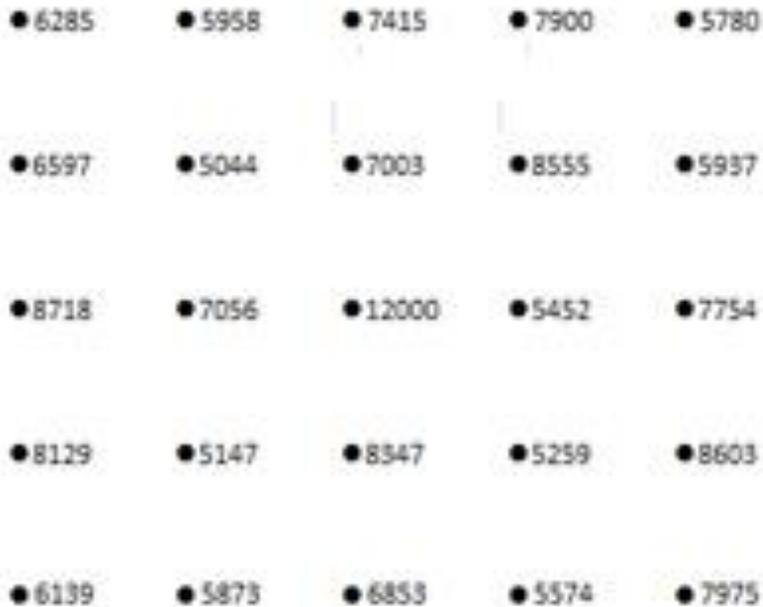
- Usando critérios estatísticos de população (desvio padrão);
- Excluindo dados de regiões previamente demarcadas (buffers), especialmente das bordas;
- Classificando e identificando cada tipo de dado errôneo para remoção (passo-a-passo)
- Comparativos locais (ponto a ponto)

“Map Filter”

Comparação local, entre vizinhos

a.

Yield points



b.

Calculation of CV in a radius around a specific point

